Untersuchungen zur Diagnose und Charakterisierung von Tannen-Bastarden

vorgelegt von
Gerhard Gaudlitz

München ~~1983~~ 1984

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544309_0010

Untersuchungen zur Diagnose und Charakterisierung von Tannen-Bastarden

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Forstwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Gerhard Gaudlitz

München 1983

1. Gutachter: Prof. Dr. A. von Schönborn

2. Gutachter: Prof. Dr. P. Schütt

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Februar 1984

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
1.1	Diagnose von Waldbaumpopulationen	2
1.2	Charakterisierung von Waldbaumpopulationen	4
2.	Material	7
2.1	Kreuzungsexperimente 1950, 1951, 1958	7
2.2	Kreuzungsexperiment 1980	9
2.3	Vergleichspflanzen	10
3.	Methoden	10
3.1	Bastarddiagnose	10
3.11	Biochemische Untersuchungen	10
3.111	Dünnschichtchromatographie von Nadelfarbstoffen	10
3.112	Gaschromatographie von Monoterpenen	11
3.12	Morphologische Untersuchungen	13
3.121	Nadeln	13
3.122	Pollen	14
3.13	Keimungsphysiologische Untersuchungen	15
3.131	Pollen	15
3.2	Charakterisierung luxurierender Bastarde	16
3.21	Plusbaumauslese	16
3.22	Wuchsleistungskriterien	16
3.23	Austrieb und Höhenzuwachs	16
3.24	Stecklingsvermehrung	19
3.3	Statistische Auswertung	21

		Seite
4.	Ergebnisse	22
4.1	Pigmentanalysen	22
4.11	Absolute und relative Farbstoffgehalte	23
4.12	Charakteristische Verhältniszahlen	27
4.13	Korrelation der Pigmente	29
4.2	Monoterpenanalysen	30
4.21	Monoterpenmuster von Klonen und Individuen	31
4.22	Monoterpenmuster der Tannen und Tannen-Bastarde	33
4.23	Monoterpenmuster verschiedener A. concolor-Nachkommen	41
4.24	Monoterpenmuster von Nachkommen aus gleicher Artkombination	43
4.25	Monoterpenmuster von sicheren und zweifelhaften Nachkommenschaften	45
4.3	Morphologische Untersuchungen	46
4.31	Nadelmerkmale	46
4.32	Pollen	55
4.4	Keimfähigkeit von Pollen	57
4.41	Keimfähigkeit in vitro	57
4.42	Keimfähigkeitsbestimmung mit Schnelltests	57
4.5	Plusbaumauslese	60
4.51	Eigenschaften der ausgelesenen Bäume	60
4.6	Wuchsleistungskriterien	64
4.61	Höhen-und Stärkenentwicklung	64
4.62	Zusammenhang zwischen Höhen verschiedener Altersphasen	73
4.7	Phänologische Beobachtungen	75
4.71	Austrieb einzelner Knospen	75
4.72	Austriebsverhalten ganzer Pflanzen	81
4.73	Entwicklung der Terminalknospe (Vegetationsabschluß)	83
4.74	Dauer des Höhenwachstums	88
4.75	Jährlicher mittlerer Höhenzuwachs	89
4.76	Saisondynamik des Höhenzuwachses	90

		Seite
4.8	Stecklingsvermehrung	95
4.81	Natürliche Bewurzelungsrate	95
4.82	Einfluß von Wuchsstoffapplikation und Stecktermin	96
4.83	Zusammenhang zwischen Wurzelrate und durchschnittlicher Hauptwurzelzahl	106
5.	Diskussion	107
5.1	Möglichkeiten der Bastarddiagnose	107
5.11	Pigmentanalysen	107
5.12	Monoterpenanalysen	109
5.13	Morphologische Untersuchungen	112
5.14	Bestimmung der Pollenkeimfähigkeit	114
5.15	Beurteilung der verschiedenen Diagnoseverfahren	115
5.2	Charakterisierung luxurierender Tannen-Bastarde	116
5.21	Qualitative Merkmale von Plusbäumen	116
5.22	Wuchsleistung	116
5.23	Phänologie	118
5.24	Stecklingsvermehrung	120
5.3	Weitere Züchtungsarbeit mit Tannen-Bastarden	123
6.	Zusammenfassung	124
7.	Literaturverzeichnis	126

Anhang

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. Nr.	Überschrift	Seite
1	Querschnitt durch eine Nadel	14
2	Pollendimensionen	14
3	Absolute mittlere Pigmentgehalte (mg/g)	24
4	Charakteristische Pigmentverhältnisse	28
5	Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Nadelharz verschiedener Tannen (Mittelwert und Standardabweichung)	35
6	Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Rindenharz verschiedener Tannen (Mittelwert und Standardabweichung)	36
7	Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Nadelharz zweijähriger Tannen-Sämlinge (Mittelwert und Standardabweichung)	37
8	Monoterpenmuster im Nadelharz von Tannen, relativer Anteil der Hauptkomponenten (Mittelwert und Standardabweichung)	38
9	Monoterpenmuster im Nadelharz von Tannen, relativer Anteil der Hauptkomponenten (Mittelwert und Standardabweichung)	39
10	Intrafamiliäre Korrelation von Nadelharz-Terpenen (Nachkommenschaft A.concolor x A.veitchii)	40
11	Intrafamiliäre Korrelation von Nadelharz-Terpenen (grün- und graunadelige A.concolor-Nachkommen)	44
12	Relative Häufigkeit der Nadelfarbe (% Nadeln je Farbklasse)	47
13	Relative Häufigkeit der Nadelform (% Nadeln je Formklasse)	48

Abb. Nr.	Überschrift	Seite
14	Relative Häufigkeit des Nadelapex (% Nadeln je Apexklasse)	49
15	Relative Häufigkeit der Nadellänge (% Nadeln je Längenklasse)	50
16	Nadelmerkmale von Tannenarten und -Bastarden	52
17	Pollendimensionen von Tannenarten und -Bastarden	55
18	Zusammenhänge zwischen Keimung in vitro, Leitfähigkeit und Extinktion wässriger Aufschwemmungen von Tannen-Pollen	58
19	Verteilung der Stammzahl auf die Auslesemerkmale	61
20	Verteilung der Stammzahl auf die Auslesemerkmale	62
21	Mittelhöhe, Kronen- und Trockenastansatz von Tannen-Bastarden	63
22	Trend der Mittelhöhe (A. alba = 100%)	67
23	Periodisch-jährliche Zunahme der Mittelhöhe (cm/Jahr)	69
24	Trend des periodisch-jährlichen Höhenzuwachses (A. alba = 100%)	70
25	Verteilung der Gesamtstammzahl auf Stärkestufen	72
26	Abhängigkeit der Höhen im Jahr 1964, 1965, 1978, 1982 von der Pflanzenhöhe im Jahr 1963	74
27	Wöchentliche Mittelwerte der Tagesmaximum und -minimum-Temperatur	76
28	Austrieb einzelner Knospen 1980	77
29	Austrieb einzelner Knospen 1981	80
30	Austrieb einzelner Knospen 1982	82
31	Austriebsverhalten von Tannenbastarden und Vergleichsbaumarten	84
32	Entwicklung der Terminalknospenbildung (Vegetationsabschluß)	85

Abb. Nr.	Überschrift	Seite
33	Mittlere Höhenwachstumsdauer	88
34	Jährlicher mittlerer Höhenzuwachs (cm/Jahr)	89
35	Verlauf des Höhenzuwachses	91
36	Saisondynamik des Höhenzuwachses	93
37	Bewurzelungsvermögen der verschiedenen Nachkommen ohne Wuchsstoffbehandlung	95
38	Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) ausgewählter Klone im Februar 1981 (Mittelwerte aller Behandlungsarten)	99
39	Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Wurzelraten	100
40 - 43	Mittlere Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) von Stecklingen in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin	102 - 105

Verzeichnis der Tabellen

Tab. Nr.	Überschrift	Seite
1	Nachkommenschaften aus Kreuzungen 1950, 1951, 1958	7
2	Nachkommenschaften aus Kreuzungen 1980	9
3	Relative mittlere Pigmentgehalte (%)	25
4	Daten der Regression für den Zusammenhang zwischen Pigmenten der Nachkommenschaft A.concolor x A.nordmanniana	29
5	Monoterpenzusammensetzung des Harzes verschiedener Gewebeproben von je 10 Klonen zweier Nachkommenschaften	31
6	Korrelation zwischen Monoterpenen aus Harz verschiedener Proben der Nachkommenschaft A.grandis 1 x A.concolor 2	32
7	Korrelation zwischen Monoterpenen aus Harz verschiedener Proben der Nachkommenschaft A.grandis 11 x A.concolor 12	33
8	Zuordnung der Nachkommenschaften mit Hilfe der untersuchten Monoterpenstrukturen (%)	41
9	Monoterpenmuster aus Nadelharz verschiedener A.concolor-Nachkommen	41
10	Zuordnung freiabgeblühter A.concolor Nachkommenschaften zu bekannten Bastarden mit A.concolor als Mutterbaum (%)	42
11	Monoterpenmuster von Nachkommen aus gleicher Artkombination	45
12	Monoterpenmuster aus dem Harz 1j. Nadeln gesicherter und zweifelhafter Nachkommen	46
13	Zuordnung der Nachkommenschaften mit Hilfe der untersuchten Variablen (%)	54

Tab. Nr.	Überschrift	Seite
14	Mittlere Pollen-Keimprozente bei Tannenarten und -bastarden	57
15	Zusammenhang zwischen Methoden zur Bestimmung der Pollenkeimfähigkeit (Kennzahlen der Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten)	59
16	Höhen und Brusthöhendurchmesser verschiedener Tannenarten und -Bastarde	65
17	Periodische Durchmesserzunahme (cm/Jahr)	71
18	Zusammenhang zwischen Höhen in verschiedenen Altern (Kennzahlen der Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten)	73
19	Austriebsbeginn, Dauer der phänologischen Entwicklung und Abschluß der Vegetationszeit (Tage ab Beobachtungsbeginn)	87
20	Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) von Tannenstecklingen nach verschiedener Wuchsstoffbehandlung (Mittelwerte aller Termine)	97
21	Einfluß von Wuchsstoffbehandlung und Secktermin auf mittlere Bewurzelungsraten (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahlen (DWZ) bei zwei Kreuzungsnachkommenschaften	98
22	Ergebnisse der Versuche der Stecklingsbewurzelung von Tannenbastarden	101
23	Zusammenhang zwischen Wurzelrate und durchschnittlicher Hauptwurzelzahl (Korrelationskoeffizient r)	106

1. Einleitung

Die Gattung Abies ist mit rund 40 Arten (SCHENK 1939) über die nördlich-gemäßigte Zone der Erde verbreitet, in Mitteleuropa dagegen nur durch A. alba Mill. vertreten.
Gemessen an der waldbaulichen Bedeutung der Weißtanne im süddeutschen Raum ist diese Baumart von der Forstpflanzenzüchtung bis vor kurzem nur relativ wenig beachtet worden. Neben den Arbeiten zur Provenienzforschung der Weißtanne (LØFTING 1954, PAVARI 1951) sind - unter heutigem Aspekt - die zwischen 1950 und 1961 von ROHMEDER im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath durchgeführten gelenkten Tannen-Kreuzungen von besonderer Bedeutung. Ziel dieser Kreuzungen war es, für den mitteleuropäischen Wald im Wege der Kombinationszüchtung Tannenbastarde zu erzeugen, die im gleichen oder höheren Maße die biologischen und forstwirtschaftlichen Vorzüge der Weißtanne besitzen und zusätzlich hohe Widerstandskraft gegen biotische und abiotische Schadfaktoren haben (ROHMEDER 1961). Unter den heute noch vorhandenen Kreuzungsnachkommenschaften sind einige, die sich durch Wüchsigkeit, Vitalität und Stabilität auszeichnen, also dem Züchtungsziel entsprechen.

Der Anbau solcher Tannenbastarde bedeutet einerseits einen Schritt in Richtung Produktivitäts- und Vitalitätssteigerung der Waldbestände, andererseits eine Abkehr vom Anbau genetisch undefinierter Wildpopulationen mit ihrer natürlichen Genvielfalt und den Übergang zur Verwendung genetisch definierter Zuchtsorten.
Um den aus Landwirtschaft, Obst- und Gartenbau sowie Pappelzüchtung hinlänglich bekannten Gefahren der Begründung von Beständen mit eingeschränktem Genpool zu entgehen, ist es unerläßlich, Tannenbastarde erst nach intensiver Prüfung, nach Probeanbau auf den in Frage kommenden Standorten und nur in Mischung ausreichender Klonzahlen für den Anbau freizugeben. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung von Verfahren zur autovegetativen Vermehrung, so daß erfolgreiche Kreuzungsnachkommenschaften erbidentisch in großen Stückzahlen herge-

stellt und in brauchbaren Klongemischen an die Praxis abgegeben werden können.
Der Probeanbau von vorläufig ausgelesenen Klonen auf Versuchsflächen in verschiedenen bayerischen Wuchsgebieten ist bereits eingeleitet. Als Ergänzung dazu ist eine Inventur der Eigenschaften jener Nachkommen erforderlich, die nach bisherigen Leistungen eine weitere Vermehrung und Prüfung im Hinblick auf die Zusammenstellung von Tannenhybrid-Sorten rechtfertigen.
Aufgabe der vorliegenden Arbeit ist es, Möglichkeiten zur Diagnose von Nachkommenschaften bestimmter Artkombinationen zu untersuchen und die wüchsigen Bastarde im Hinblick auf Plusbaumkriterien, phänologisches Verhalten und autovegetative Vermehrung zu charakterisieren. Außerdem dienen die Untersuchungen der praktischen Prüfung des Vermehrungsgutes im Hinblick auf eine mögliche Sortenanerkennung.

1.1 Diagnose von Waldbaumpopulationen

Unter dem neutralen Begriff "Population" verstehen RIEGER und MICHAELIS (1954) eine Gruppe von tatsächlich oder potentiell sich untereinander fortpflanzender Organismen in einer bestimmten Lokalität. Sämtliche Individuen einer Art bilden eine große Population, die sich aus Teilpopulationen zusammensetzt. Letztere erhalten je nach ihrem taxonomischen Wert oder ihrer geographischen, ökologischen oder genetischen Bedeutung bestimmte Bezeichnungen (ROHMEDER 1959).

Die Beschäftigung mit Artkreuzungen impliziert in der forstlichen Pflanzenzüchtung immer die Analyse fraglicher, bastardverdächtiger bzw. nicht eindeutig zuzuordnender Pflanzen (SCHÜTT und HATTEMER 1959). Mit zunehmender Übertragung forstpflanzenzüchterischer Erkenntnisse in die Praxis wird die Diagnose von Teilpopulationen, Individuen und Klonen zu einer wichtigen Aufgabe (RADWAN 1972, SAUER et al. 1973).

Generell können zur Diagnose alle Merkmale einer Pflanze herangezogen werden, die unter starker genetischer Kontrolle stehen und eine große Variation aufweisen.

Die weitaus größte Zahl aller Arbeiten zur Diagnose von Waldbäumen verwendet nach wie vor morphologisch-anatomische Merkmale. Im wesentlichen werden hierbei gut erkenn- und meßbare Kriterien an Pollen, Zapfen, Saatgut, Kotyledonen, Nadeln und Sprossen untersucht (HERMANN und BIROT 1978, JAIN 1976, LIU 1976, MAZE und PARKER 1980, MAZE et al. 1980, PARK et al. 1981, PARKER 1963, PARKER und MACLACHLAN 1978, PARKER et al. 1979). Die von ANDERSON (1949) entwickelte Hybridindexmethode ermöglicht durch Ermittlung und Vergleich mehrerer anatomisch-morphologischer Merkmale ein Urteil über die systematische Situation der betreffenden Pflanze (FREDERICK 1977, MANLEY 1971, 1972).
Morphologie und Keimfähigkeit von Bastardpollen werden bei verschiedenen Pflanzenarten als Merkmal für Hybridcharakter verwendet (ATA 1975, ALVAREZ et al. 1981, UWUOR et al. 1981). Keimfähigkeitsbestimmungen von Waldbaumpollen wurden in der Vergangenheit mit Hilfe von Färbemethoden (FRÖHLICH 1964) und als Keimfähigkeitstests "In vitro" (ECHOLS und MERGEN 1956, LINSKENS 1955, SMIRNOV 1977, WORSLEY 1959) durchgeführt. CHING und CHING (1976) schlagen als Schnelltest zur Keimfähigkeitsbestimmung von Koniferenpollen die Messung von Leitfähigkeit und Extinktion wässriger Pollenaufschwemmungen vor.

Seit geraumer Zeit stehen für verschiedene Waldbaumarten, insbesondere für die züchterisch stark bearbeiteten Gattungen Pinus und Picea,auch physiologische und biochemische Identifizierungsmethoden zur Verfügung (FERET et al. 1980, KLEINSCHMIT et al. 1981, MORRIS et al. 1980, PISTOR 1977, RIEMENSCHNEIDER und MOHN 1975).
Besonders erfolgreich wird die Bestimmung der Mono- und Sesquiterpenkonzentration in Pflanzengeweben zur Diagnose von Bastarden, Herkünften und Einzelklonen eingesetzt (SQUILLACE 1976). Für die Gattung Abies liegen wichtige chemosystematische Studien auf der Grundlage der Monoterpenanalyse vor (HUNT und RUDLOFF 1973, 1979, RUDLOFF 1976, SMEDMAN

1969a, 1969b, ZAVARIN und SNAJBERK 1965, ZAVARIN 1968, ZAVARIN et al. 1973, 1977).
Zwischen verschiedenen Herkünften einer Baumart bzw. zwischen Hybriden und Elterbaumarten bestehen zum Teil beträchtliche Wachstumsunterschiede, die mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Differenzierung im Kohlenstoffhaushalt der Pflanzen und somit letztlich auf unterschiedliche Photosyntheseleistung zurückzuführen sind. Da die unmittelbare Erfassung der Nettophotosyntheseleistung einen kostspieligen apparativen Aufwand erfordert, der häufig nicht zur Verfügung steht, werden ersatzweise einzelne Parameter für die Photosyntheseleistung herangezogen. So sind Gehalt und Zusammensetzung der Blattfarbstoffe wichtige Bezugsgrößen der Nettosyntheseleistung (KOCH 1976). Nach LINDER (1972) ist der Pigmentgehalt von Blättern der am meisten verwendete Index zur Kennzeichnung des physiologischen Zustandes von Pflanzen. Zur Klärung von Fragen der Hybridbildung bei A. alba (POPNIKOLA 1971) und zur Trennung von Unterarten bei P. silvestris (PRAVDIN 1972) sind Pigmentanalysen durchgeführt worden.

Über die genannten morphologisch-anatomischen, physiologischen und biochemischen Untersuchungsmethoden hinaus sind Kerntypen- und Chromosomenanalysen (HSIN 1972, MEHRA 1976), Untersuchungen von Holzeigenschaften (HITZER 1979, SCHEPLITZ 1956, LANGNER und RECK 1966, RECK 1980), Stammanalysen (KISHIDA 1974) und ökologisch-waldbauliche Merkmale (STEINHOFF 1978, ZOBEL 1974, 1975) erfolgreich für diagnostische Zwecke verwendet worden.

1.2 Charakterisierung von Waldbaumpopulationen

Kreuzungsexperimente von Waldbäumen müssen - deren erbbiologischer Veranlagung entsprechend - mit heterozygoten Elterindividuen durchgeführt werden. Die dadurch bedingte unüberschaubare, freie Kombinationsmöglichkeit der Gene erlaubt keine gezielten Voraussagen über die zu erwartenden Eigenschaften der Nachkommen (BROWN 1972).

Nach Durchführung der Kreuzungsarbeiten müssen daher die Nachkommenschaften einer Charakterisierung, d.h. einer Prüfung ihrer wesentlichen Eigenschaften, insbesondere auch ihrer Produktions- und Resistenzmerkmale,unterzogen werden.
Im Hinblick auf die Beurteilung der Spätfrostempfindlichkeit beispielsweise ist das phänologische Verhalten im örtlichen Klimabereich ein wichtiges Kriterium. Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, daß bei zahlreichen Baumarten eine enge Korrelation zwischen Termin des Austriebs und Spätfrostschäden dergestalt besteht, daß spät austreibende Populationsteile u.a. weniger gefährdet sind als Frühtreiber (LANGNER und STERN 1964, MAGNUSSEN 1982, MOULALIS 1971, ROHMEDER 1948). Die Kenntnis der Austriebsphasen - möglichst in verschiedenen Jahren und unter Berücksichtigung von Temperatursummen und -schwellenwerten beobachtet - gestattet eine relativ sichere Beurteilung der Spätfrostgefährdung von Populationen und damit eine Abschätzung potentieller Anbauflächen (JESTAEDT 1979, KOSKI et al. 1982, LEIBUNDGUT und HELLER 1960, STERN 1966, STEINER 1979, THOMSON und MONCRIEFF 1981, WEISGERBER et al. 1976). Wachstumsmuster verschiedener Baumarten werden durch Untersuchungen zur Dauer und Saisondynamik des Höhenwachstums während der Vegetationsperiode gekennzeichnet (O'DRISCOLL 1978, PARKE 1959, PAULE 1982, RECK 1972, ROHMEDER 1952).

Die Ertragsleistung ist - zusammen mit Wert- und Resistenzeigenschaften - das wichtigste wirtschaftliche Kriterium einer Baumart. Ihre Charakterisierung ist insbesondere für Kreuzungsnachkommenschaften von entscheidender Bedeutung, weil als Ziel vieler Kreuzungsversuche die Erzeugung von luxurierenden - in Wuchsleistung und Vitalität ihren Eltern überlegenen - Bastarden angestrebt wird. Es ist nicht immer leicht, deren genetisch bedingte Wuchspotenz isoliert zu ermitteln, da die Ertragsleistung maßgeblich von standörtlichen Gegebenheiten beeinflußt und überlagert wird.
Die Höhenwuchsleistung von Kreuzungsnachkommen kann u.U. als geeignetes Frühtestmerkmal verwendet werden, weil zwischen

Pflanzenhöhe im Verschulbeet und den Höhen zumindest während der Jugendphase für verschiedene Baumarten enge Zusammenhänge nachgewiesen worden sind (GÄRTNER 198o, NILSSON 1974).

Die Möglichkeit, positive Kreuzungsergebnisse durch vegetative Vermehrung in hohen Stückzahlen erbidentisch zu vervielfachen, ist ein Charakterisierungsmerkmal, das für deren Verwendbarkeit in der Praxis von wesentlicher Bedeutung ist. Aus biologischen und wirtschaftlichen Gründen kommt für die Tannenbastarde zunächst nur die autovegetative Vermehrung durch Stecklingsbewurzelung in Frage,zumindest so lange, bis die Vermehrung über Meristemkulturen praxisreif entwickelt ist (WEISGERBER 1983). Während die Arbeiten von DALGAS (1973) und FINK (1980) Einblicke in die anatomischen Zusammenhänge bei der Bewurzelung von Stecklingen geben, weisen FRÖHLICH (1959), MATSCHKE und SCHNECK (1981) darauf hin, daß der physiologische Zustand des Mutterbaumes ausschlaggebend für ein positives Bewurzelungsergebnis von Stecklingen ist. Insbesondere für die Gattung Picea liegen die technischen und biologischen Verfahrensgrundlagen der Massenvermehrung mittels Stecklingen praxisreif vor (KLEINSCHMIT et al. 1973, SCHNECK 1980). Für die Gattung Abies gibt es dazu nur erste Ansätze (HEITMÜLLER 1951, HINESLEY et al. 1980, HOCEVAR 1983, MILLER et al. 1982).
VIEITEZ et al. (1977) weisen darauf hin, daß die Überwindung des Topophysis-Effektes bei Tanne u.U. lange dauert, so daß der Anwendung der Stecklingsvermehrung in der Praxis noch Grenzen gesetzt sind. Eine Beeinflussung dieses Umstellungsprozesses durch Kontrolle der Umwelt und Anwendung technischer Verfahren scheint möglich, zumal ein Bewurzelungsergebnis von 50% bereits eine - auch wirtschaftlich - interessante Größenordnung ist, sofern alle anderen Gesichtspunkte die Stecklingsvermehrung empfehlenswert erscheinen lassen (KLEINSCHMIT 1976).

2. Material

2.1 Kreuzungsexperimente 1950, 1951, 1958

Im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath sind seit 1950 zahlreiche Kreuzungen innerhalb der Gattung Abies durchgeführt worden. Die Nachkommenschaften (NK) haben sich durchaus unterschiedlich entwickelt. Einige sind sehr wüchsig und gesund, andere zeigen auffallend geringe Wuchsleistung und Vitalität. Die in die Untersuchungen einbezogenen NK sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tab 1: Nachkommenschaften aus Kreuzungen 1950/1951/1958

Kombination	Reife	NK-Nr.	Baum-Nr.	Bemerkung
A.concolor x A.veitchii	1950	1o	1 - 26	
A.concolor x A.procera	1950	1oo	1o1 - 122	
A.concolor x A.procera	1950	1oo	151 - 16o	graunadelig
A.veitchii x A.alba	1950	2oo	2o1 - 211	
A.concolor x A.nordmanniana	1950	3oo	3o1 - 372	
A.concolor 2 x A.grandis 1	1951	4oo	4o1 - 423	Reziprok - Kreuzungen
A.grandis 1 x A.concolor 2	1951	5oo	5o1 - 653	Reziprok - Kreuzungen
A.nordmanniana x A.veitchii	1950	8oo	8o1 - 827	geringwüchsig
A.concolor frei abgeblüht	1951	1ooo	1oo1 - 1o78	
A.concolor frei abgeblüht	1951	11oo	11o1 - 1171	
A.alba x A.alba	1950	1	1 - 2o	
A.concolor x A.concolor	1950/51	2	1 - 15	
A.grandis x A.grandis	1951	3	1 - 2o	
A.nordmanniana x A.nordmanniana	1950	4	1 - 2o	
A.procera x A.procera	1950	5	1 - 2o	
A.veitchii x A.veitchii	1950	6	1 - 2o	
A.concolor 8 x A.veitchii 1	1958	1o	51 - 6o	
A.concolor 14 x A.grandis 1	1958	4oo	451 - 46o	
A.concolor 1o x A.alba 3	1958	7oo	1 - 6	
A.concolor Nr. 8 frei abgeblüht	1958	12oo	12o1 - 121o	grünnadelig
A.concolor Nr. 8 frei abgeblüht	1958	12oo	1212 - 1221	graunadelig
A.concolor Nr. 1o frei abgeblüht	1958	12oo	1222 - 1231	grünnadelig
A.concolor Nr. 1o frei abgeblüht	1958	12oo	1232 - 1241	graunadelig
A.concolor Nr. 14 frei abgeblüht	1958	12oo	1244 - 1253	grünnadelig
A.concolor Nr. 2o frei abgeblüht	1958	12oo	1254 - 1263	grünnadelig

Die Kreuzungsnachkommen sind als vierjährig-verschulte (2+2j.) Pflanzen im Verband 1x1 m^2 in Grafrath ausgepflanzt worden. Anbaupläne mit Angaben zu den Flächen und Ausgangspflanzenzahlen sind in der Diplomarbeit von LUTZ (1979) enthalten. Wegen z.T. geringer Pflanzenzahlen je NK konnte kein statistisch auswertbares Versuchsschema eingehalten werden. Außerdem sollte zunächst nur eine Demonstrationsfläche angelegt und die Entwicklung der Tannen-Bastarde beobachtet werden, ohne ertragskundlichen Fragen nachzugehen.

Nach rasch einsetzender Differenzierung bildeten sich zwei Gruppen von NK heraus. Eine Gruppe enthält heterogene NK, in der relativ wenige, aber wuchskräftige Bastarde alle anderen Versuchspflanzen rasch überwuchsen und sehr viel Standraum zur Verfügung hatten (NK 10, 100, 200, 300).
Eine zweite Gruppe bilden die uniformen NK, die relativ gleichwertig in der Wuchsleistung und im Dichtstand aufgewachsen sind, weil man sich davor scheute, das wertvolle Material auf dem Wege einer Durchforstung zu entnehmen (NK 400, 500, 800).
Die wüchsigen Bastarde wurden ab 1970 über Pfropflinge vegetativ vermehrt, so daß für die Untersuchungen auch auf klo-niertes Material zurückgegriffen werden konnte.
Neben den wüchsigen NK sind in die Untersuchungen zu Vergleichszwecken eine geringwüchsige NK (Nr. 800) und eine NK mit wüchsigen und geringwüchsigen Individuen aus einer Elter-Kombination (Nr. 100, Baum Nr. 101-122 und Baum Nr. 151-160) einbezogen, außerdem jeweils reine NK der beteiligten Elter-Arten. Darüber hinaus dienten NK freiabgeblühter A. concolor 1958 (NK 1200), welche neben graunadeligen A. concolor-Typen zahlreiche grünnadelige Individuen mit eindeutigem Hybridcharakter enthalten, und bereits früher aus freier Abblüte ausgelesene Hybrid-Nachkommenschaften von A. concolor (NK 1000, 1100) als Untersuchungsmaterial.

Die vorhandenen Nachkommenschaften wurden je nach Fragestellung und Eignung des Materials unterschiedlich intensiv bearbeitet.

2.2 Kreuzungsexperiment 1980

Aus den Kreuzungsexperimenten 1980 entstanden 53 NK, davon wurden die in Tabelle 2 genannten untersucht.

Tab 2: Nachkommenschaften aus Kreuzungen 1980

Kombination	NK-Nr.	Baum-Nr.	Bemerkung
A.concolor 11 x A.grandis 12	2o8	21o1 - 2112	
A.concolor 12 x A.grandis 12	214	22o1 - 222o	
A.concolor 12 x A.grandis 12	215	2241 - 2246	Kombination fraglich
A.grandis 11 x A.concolor 12	222	25o1 - 253o	
.		2531 - 254o	geringwüchsig
A.grandis 11 x A.concolor 12	223	2821 - 283o	Kombination fraglich
A.lasiocarpa arizonica 1 x A.sibirica 11	245	3o11 - 3o3o	
A.procera 11 x A.concolor 12	286	43o1 - 4312	
A.procera 11 x A.concolor 12	287	4321 - 434o	Kombination fraglich
A.procera 11 x A.alba 12	288	44o1 - 442o	
A.procera 11 x A.alba 12	289	46o1 - 462o	Kombination fraglich
A.procera 11 x A.grandis 12	29o	47o1 - 472o	
A.procera 11 x A.grandis 12	291	4851 - 487o	Kombination fraglich
A.procera 11 x A.nephrolepis 1	292	5oo1 - 5o2o	
A.procera 11 x A.nephrolepis 1	293	5121 - 514o	Kombination fraglich
A.sibirica 11 x A.veitchii 5	295	5411 - 5423	
A.veitchii 11 x A.nephrolepis 1	3o2	55o1 - 552o	
A.veitchii 11 x A.nephrolepis 1	3o3	57o1 - 5714	Kombination fraglich
A.veitchii 11 x A.sibirica 11	3o4	58o1 - 582o	
A.concolor 11 x A.concolor	327	2121 - 214o	
A.concolor 12 x A.concolor	328	2251 - 2256	
A.grandis 11 x A.grandis	316	2851 - 287o	
A.lasiocarpa arizonica 1 x A.lasiocarpa arizonica	337	31o1 - 312o	
A.procera 11 x A.procera	319	52o1 - 522o	
A.sibirica 11 x A.sibirica	3o9	33o1 - 332o	
A.veitchii 5 x A.veitchii	322	39o1 - 392o	
A.veitchii 11 x A.veitchii	311	59o1 - 592o	

Darunter sind einige mit fraglicher Elter-Kombination, bei denen die Isolierung der weiblichen Blüten nicht vollständig gelang, so daß mit Fremdpollenkontamination gerechnet werden muß. Mit Hilfe der Monoterpenanalysen sollten diese NK in sehr frühem Entwicklungsstadium identifiziert werden.

2.3 Vergleichspflanzen

Als Vergleichsmaterial für Versuche zur Stecklingsbewurzelung wurden 3Oj. bzw. 4j. A. alba der Herkunft 827 O9 verwendet.
Stecklinge bekannt früh- bzw. spättreibender Fichtenklone aus anderen Züchtungsprogrammen dienten als Standards in phänologischen Beobachtungsreihen.

3. Methoden

Aufgrund des Literaturstudiums wurden diejenigen Methoden ausgewählt, die bei Koniferen, insbesondere jedoch bei Tannenarten, für entsprechende Zielsetzung bereits erfolgreich angewendet werden konnten. Bei der Fülle des zu bearbeitenden Materials mußten die Methoden so beschaffen sein, daß sie mit der vorhandenen personellen und apparativen Ausstattung durchgeführt werden konnten und möglichst geringe Beschädigungen an dem wertvollen Bastardpflanzenmaterial verursachten.

3.1 Bastarddiagnose

3.11 Biochemische Untersuchungen

3.111 Dünnschichtchromatographie von Nadelfarbstoffen

Für die Dünnschichtchromatographie wurden im Januar/Februar 1981 zweijährige Nadeln aus dem 2. Wirtel von 10 Bäumen

je NK gewonnen. Die Proben wurden morgens entnommen und im Lauf des gleichen Tages zum Rohextrakt verarbeitet.
Die Pigmentanalysen wurden nach dem von KOCH (1976) für Waldbäume modifizierten, quantitativen Verfahren von HAGER, MEYER-BERTENRATH (1966) durchgeführt.
Pro Baum wurden zwei Rohextrakte hergestellt und von jedem mindestens zwei Chromatogramme angefertigt, so daß die Ergebnisse auf der Untersuchung von mehr als 600 Chromatogrammen beruhen. Die Pigmentgehalte werden in Milligramm je Gramm Nadeltrockensubstanz angegeben.

3.112 Gaschromatographie von Monoterpenen

Von den älteren NK wurden bei jeweils 20 Bäumen Nadel- und Rindenproben während der Vegetationsruhe im Januar/Februar 1981 gewonnen.
Mit einem Stechzylinder (Ø 10 mm) wurden drei Rindenplättchen je Baum aus 5jähriger Rinde ausgestochen, die zweijährigen Nadeln wurden aus der bereits zur Dünnschichtchromatographie gewonnenen Menge entnommen.
Von den zweijährigen Sämlingen aus den Kreuzungen 1980 wurden im Spätherbst 1982 pro Pflanze zehn einjährige Nadeln aus der Mitte des Triebes entnommen, bei einzelnen NK auch einige zweijährige Nadeln für Vergleichsuntersuchungen.
Für die gaschromatographische Untersuchung wurden die Nadeln in 2-3 mm lange Abschnitte geschnitten, die Rindenplättchen in 20 bis 25 Stücke zerteilt.
Das zerkleinerte Probenmaterial wurde in ein Rollrandglas (15 ml) gefüllt, dieses mit einem Siliconstopfen verschlossen, durch den ein mit einem halbdurchbohrten Septengummi abgedichtetes Glasröhrchen führte, und im Wärmeschrank 5 Minuten lang auf 95°C erhitzt (LANG 1976). Mit einer Gasspritze (Fa. Glenco No. 19925 - 5,5 ml) wurden 1,5 ml des Luft-Terpen-Gemisches entnommen und in den Gaschromatographen eingegeben.

Die gaschromatographischen Analysendaten lauten :

Gaschromatograph	Packard Modell 427	
Säule	2% OV 17 auf Chromosorb (W/AW 60-80)	
	10 ft x 1/4	
Strömungsgeschwindigkeiten	Stickstoff (Trägergas)	20 ml/min
	Wasserstoff	20 ml/min
	Luft	200 ml/min
Temperaturen	Einspritzblock	120°C
	Säule	74°C - 80°C
	FiD	120°C

Folgende Komponenten wurden als Hauptanteile am Monoterpenmuster aus Tannenharzen ausgeschieden und für die Darstellung der Ergebnisse verwendet:

Monoterpenkomponente	Schreibweise	Abkürzung im folgenden
α -Pinen	A-Pinen	A-PIN
Camphen	Camphen	CAM
β -Pinen	B-Pinen	B-PIN
Myrcen	Myrcen	MYR
Δ^3 Caren	Caren	CAR
Limonen	Limonen	LIM
β -Phellandren	B-Phellandren	B-PH

Bei manchen NK ergab sich eine schlechte Trennung zwischen B-PIN und MYR einerseits, zwischen LIM und B-PH andererseits, insbesondere dann, wenn eine Komponente im Vergleich zur anderen in sehr geringen Mengen vorhanden war. In diesen Fällen wurde in einem Analysengang mit erheblich verringerter Säulentemperatur (60 - 65°C) der genaue Gehalt der Komponente ermittelt. Bei Anteilen unter 2% von der Gesamtpeakfläche wurde die kleinere der größeren Komponente zugeschlagen und ein entsprechender Hinweis gegeben, z.B. B-PIN (+MYR).

An den Gaschromatographen waren ein Schreiber (Packard 610) zur Chromatogrammaufzeichnung jeder Probe und ein elektronischer Digitalintegrator (Varian CDS 111) angeschlossen. Zur quantitativen Bestimmung werden die Werte für die einzelnen Komponenten des Terpengemisches in Prozentanteilen an der Gesamtpeakfläche angegeben.
Dieses einfache, rasche und für genetische Fragestellungen ausreichend genaue Verfahren (SQUILLACE 1976) ermöglicht die Analyse einer großen Probenzahl, weil nur geringe Mengen von Harzen erforderlich sind und aufwendige Bestimmung von Gewicht oder Volumen der Probe entfällt.
Anhand von Vergleichschromatogrammen reiner Substanzen und den entsprechenden Retentionszeiten sind die Peaks der einzelnen Monoterpene identifiziert worden.

3.12 Morphologische Untersuchungen

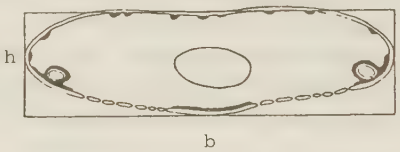
3.121 Nadeln

Die nicht für die Dünnschichtchromatographie benötigten 2jährigen Nadeln wurden für nadelmorphologische Untersuchungen benutzt. An je 100 Nadeln von 10 Bäumen je NK wurden folgende Merkmale bonitiert:

Farbe	1 blaubereift
	2 blau-grau
	3 grün-grau
	4 grün
Form	1 säbelförmig
	2 schwach gebogen
	3 gerade
	4 gebuckelt
Länge	1 16-25 mm
	2 26-35 mm
	3 36-45 mm
	4 46-55 mm
	5 56-65 mm
	6 Mittelwert mm
Apex	1 zugespitzt
	2 stumpf-spitzig
	3 abgerundet
	4 abgestutzt
	5 tiefgekerbt
	6 leicht gekerbt

Darüber hinaus wurden an einem 10 cm langen Stück aus der Zweigmitte Nadelfrischgewicht und Nadelzahl bestimmt. Zur Errechnung von Trockensubstanzgehalt wurden Nadeln und Zweigstücke 17 ± 1 Stunden bei 103°C getrocknet und nach Abkühlung gewogen. An Nadelquerschnitten (bei halber Nadellänge) wurden, unter der binokularen Lupe mit einem Meßokular, Nadelhöhe (h) und Nadelbreite (b) bestimmt. Daraus wurde dann der Nadelquotient ($\frac{h}{b}$) errechnet (Abb. 1).

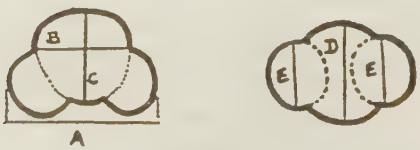
Abb 1: Querschnitt durch eine Nadel



3.112 Pollen

Für die Messung der Pollendimensionen wurden Pollen verschiedener Tannenarten und -bastarde nach 24stündiger Quellung in 70%igem Äthanol in der "Feuchten Kammer" unter dem Großfeldmikroskop Orthoplan (bei 200facher Vergrößerung) mit der Mikroskopkamera Orthomat bei Durchlicht fotografiert (Schwarz-weiß, 20 DIN). Als Vergrößerungsmaßstab wurde immer eine Millimeterstrichplatte mitabgebildet.
Die Vermessung erfolgte am Negativ unter einem Vergrößerungsgerät.

Abb 2: Pollendimensionen



An 40 Pollenkörnern je Probe wurden folgende Dimensionen (Abb. 2) gemessen:

A) Länge des Pollenkornes in frontaler Projektion
B) Länge des Pollenkörpers in frontaler Projektion
C) Höhe des Pollenkörpers in frontaler Projektion
D) Breite des Pollenkörpers in vertikaler Projektion
E) Breite der Luftsäcke in vertikaler Projektion

3.13 Keimungsphysiologische Untersuchungen

3.131 Pollen

Die Keimfähigkeit von frischen Pollen wurde in vitro in der "Feuchten Kammer" untersucht. Als Keimmedium wurde eine Lösung aus 5% Saccharose, 2% Agar-Agar und 0,01% Bor verwendet. Die "Feuchten Kammern" wurden bei 25°C inkubiert und nach 48 Stunden erfolgte die Auszählung der gekeimten Pollenkörner unter dem Mikroskop (125fache Vergrößerung, Auflicht). Ein Pollenkorn wurde als gekeimt angesehen, wenn die Länge des Pollenschlauches die Länge des Pollenkornes übertraf. Von jeder Probe wurden vier Wiederholungen angesetzt, je Wiederholung wurden 100 Pollenkörner ausgezählt.
Zur Bestimmung von Extinktion und Leitfähigkeit der Pollenextrakte wurden die vorhandenen Proben nach FOSTER und BRIDGWATER (1979) bearbeitet. Die Pollenextrakte wurden in einer Quarzküvette im Beckmann-Photospektrometer gegen destilliertes Wasser bei 260 nm photometriert. Von jeder Pollenprobe wurde ein Teil des Extraktes mit einer Leitfähigkeitsmeßbrücke auf seine Leitfähigkeit untersucht.

3.2 Charakterisierung luxurierender Bastarde

3.21 Plusbaumauslese

1982 wurden in den NK der Kreuzungen von 1950/51 und 1958 alle bis dahin gutwüchsigen, gesunden Einzelbäume aufgenommen und die Merkmale in einem Plusbaumaufnahmebogen festgehalten. Die Aufnahmekriterien wurden anhand der von den Ländern verwendeten Zuchtbaum-Aufnahmebögen abgeleitet (Anhang 1).

3.22 Wuchsleistungskriterien

Brusthöhendurchmesser und Höhen wurden 1982 durch eigene Messungen ermittelt, für die Jahre 1954 bis 1978 konnte auf entsprechende Aufzeichnungen des Lehrstuhls zurückgegriffen werden.

3.23 Austrieb und Höhenzuwachs

In den Jahren 1980 bis 1982 wurden Austreibebeobachtungen im Frühjahr, Höhenzuwachsmessungen während der gesamten Vegetationsperiode und Aufnahmen des Vegetationsabschlusses im Herbst durchgeführt.
Dazu wurden je NK aus den Kreuzungen 1950 und 1951 10 Klone und je Klon 3 Pflanzen (1980 4 Klone mit je 3 Pflanzen) ausgewählt und dauerhaft markiert.
Zum Vergleich für die Tannenbastarde wurden auf der gleichen Fläche bekannt früh- und spättreibende Fichtenklone aus anderen Züchtungsprogrammen und Weißtannen der Herkunft 82709 mitbeobachtet, ab 1981 zusätzlich A. alba gleicher Provenienz unter dichtem Kiefern-Schirm:

A. alba Freifläche	NK	1(1- 5)
A. alba Schirm	NK	1(10-14)
P. abies spättreibend	NK	7(1- 5)
P. abies frühtreibend	NK	7(10-14)

Die Austreibebeobachtungen wurden getrennt für die Gipfelknospe, für alle Einzelknospen am obersten Wirtel und für den ganzen Baum durchgeführt. Im Anhalt an VOLKERT und SCHNELLE (1966) wurden folgende Bonituren entwickelt:

1. Boniturschema Austrieb einzelner Knospen

0 = Knospen in völligem Winterschlaf, keine Schwellung festzustellen.

1 = Knospen geschwollen bis stark geschwollen, Knospenschuppen schon auseinandergewichen, so daß weiße Häute erkennbar werden.
Nadelgrün noch nicht durchschimmernd.

2 = Knospe stark geschwollen, Nadelgrün durchschimmernd. Nadelgrün aber noch völlig von Knospenschuppen bzw. von dünnen, durchsichtigen weißen Häutchen überzogen.

3 = Knospe gerade aufgebrochen, Schuppenhülle aufgerissen, abgeworfen oder als Schuppenkappe auf der Spitze der kompakten Nadelspindel sitzend, dann mit der Hand leicht abzustreifen.
Nadeln bilden noch ein völlig kompaktes, kurzes bis mäßig gestrecktes Bündel mit allseits geschlossener Oberfläche.

4 = Nadelentfaltung: Öffnung des Nadelbündels mit oder ohne gleichzeitiges Längenwachstum des jungen Triebes an der Spitze. Spreizung der Nadeln meist vom Grund des Triebes her, während die Spitze noch verhältnismäßig geschlossen bleibt.
Selten beginnt die Vereinzelung der Nadeln von der Spitze her.

5 = Triebentfaltung: Deutliche Streckung des Triebes und weitere Entfaltung der Nadeln von der Triebbasis her, während die Nadeln an der Triebspitze noch dichter gebündelt stehen. Bei schwachem Längenwachstum können die Nadeln an der Triebspitze auch schon stärker gespreizt sein.

6 = Gipfelknospe ausgetrieben, d.h. sie hat Zustand 3 erreicht.

2. Boniturschema Austrieb ganzer Pflanzen

0 = Völliger Winterzustand

1 = Angetrieben, ca. 1/2 aller Knospen geschwollen, kein Nadelgrün durchschimmernd, d.h. Knospenzustand 1.

2 = Stark angetrieben, ca. 1/2 aller Knospen mit durchschimmerndem Nadelgrün, d.h. Knospenzustand 2.

3 = Fast ausgetrieben, ca. 1/2 aller Knospen mit aufgebrochenen Knospen, d.h. Knospenzustand 3.

4 = Voll ausgetrieben, Seitentriebe entfaltet bis gestreckt, Gipfelknospe ausgetrieben mit Knospenzustand 3.

Die Beobachtung des Austriebes setzte zu einem Zeitpunkt ein, als alle Pflanzen noch im Winterzustand waren; nach Beginn des Austriebs der ersten Pflanze im Beobachtungskollektiv wurde die Beobachtung in wöchentlichem Rhythmus durchgeführt. Zur Zeit des Austriebs der meisten Pflanzen wurde der Beobachtungszeitraum verkürzt, so daß alle zwei Tage eine Beobachtung des Austriebs durchgeführt wurde.
Ab Austrieb der Gipfelknospe wurde in wöchentlichen Abständen der Höhenzuwachs mit einer Meßplatte, die an einer markierten Meßstelle immer gleich angelegt werden konnte, gemessen.
Im Herbst, wenn das Höhenwachstum allmählich aufhörte, wurde in 14tägigem Rhythmus gemessen.
Der Vegetationsabschluß wurde nach der Differenzierung und Verfärbung der Gipfelknospe bonitiert:

3. Bonitурschema Vegetationsabschluß

0 = Gipfelknospe ohne erkennbare Differenzierung
1 = Gipfelknospe mit beginnender Differenzierung, noch grün
2 = Gipfelknospe mit beginnender Differenzierung, oliv-braun
3 = Gipfelknospe erkennbar differenziert, braun

Die Vegetationszeit galt als beendet, wenn die Gipfelknospe erkennbar ausdifferenziert und - durch Einlagerung von Lignin - braun gefärbt war. Obwohl damit nicht exakt der Eintritt des physiologischen Ruhezustandes erfaßt wird, ist es ein gut zu beobachtendes und ohne Schädigung der Pflanze zu beschreibendes Merkmal. Die Bonitur wurde, beginnend mit dem 15. Juli (1980 ab 10.9.), wöchentlich so lange durchgeführt, bis alle Pflanzen den Vegetationsabschluß erreicht hatten.

Die Dauer des Höhenwachstums wurde bestimmt als die Zeit zwischen Austrieb der Gipfelknospe und dem Termin, zu dem kein Höhenzuwachs mehr gemessen wurde. Die Zeit zwischen Beginn des Austriebes der ersten Knospe und Erreichen des Vegetationsabschlusses nach der Bonitur wird als Vegetationszeit der Einzelpflanze definiert.
Zur Registrierung der Temperatur wurde im Pfropflingsquartier in 1 m Höhe ein Temperaturschreiber installiert und während der drei Jahre betrieben.

3.24 Stecklingsvermehrung

Die Stecklinge wurden von Primär-Pfropflingen verschiedener NK der Kreuzungen von 1950/51 und frei abgeblühter A. concolor gewonnen. Als Vergleichsmaterial wurden Stecklinge von 30jährigen A. alba aus dem Forstlichen Versuchsgarten Grafrath - NK 1 (1 - 8) - und von 4jährigen A. alba-Sämlingen - NK 1 (19 - 20) - geschnitten.

Da die Mutterpflanzen bereits 30 bis 31 Jahre alt waren, wurde mit Hilfe der Pfropfung versucht, eine physiologische Verjüngung des Materials zu erreichen (ROHMEDER und SCHÖNBACH 1959), um die Bewurzelung zu verbessern.
Die Pfropflinge wurden vor der Stecklingsgewinnung nicht konditioniert, insbesondere wurden die Quartiere nicht gedüngt. Folgende Termine für das Schneiden und Abstecken der Stecklinge wurden gewählt:

Dezember	(18.12.1980)
Januar	(21.01.1981)
Februar	(11.02.1980/11.02.1981/22.02.1982)
März	(24.03.1980/11.03.1981)
April	(21.04.1980)
August	(11.08.1980)

Als Steckreiser wurden ca. 10 cm lange einjährige Stecklinge ohne Ansatz von älterem Holz mit ausgebildeter Terminalknospe und ohne sichtbare Beschädigung oder Erkrankung verwendet.
Es fanden ausschließlich basal beschnittene Stecklinge (Kopfstecklinge) von einer Triebspitze bzw. aus einem ganzen Seitentrieb Verwendung. Die Stecklingsbasis wurde nicht entnadelt.

Neben der Kontrolle ohne Wuchsstoffbehandlung wurden folgende Wuchsstoffpräparate und Wuchsstoffträger benutzt:

I, 5000 ppm IBS in 50% Aceton, 5 sec;
II, 5000 ppm IES in 100% Isopropanol, 3 sec;
III, 5000 ppm IES in 100% Methanol, 3 sec;
IV, 5000 ppm IES in 50% Aceton, 5 sec;
V, 1000 ppm IEK in Talkum;
VI, 40 ppm NEK in 100% Wasser, 6 Std.;
VII, Kontrolle

Gesteckt wurden unmittelbar nach Schneiden und Wuchsstoffapplikation am gleichen Tag in dreifacher Wiederholung im Gewächshaus in Kies (Korngröße 3/8; pH-Wert 9,3) je 15 Reiser pro Klon, Variante und Wiederholung, im Verband 8 x 4 cm^2. Die Bewässerung erfolgte über eine automatische Sprühanlage. Es wurde nicht zusätzlich geheizt. Bei Bedarf bzw. prophylaktisch wurde Orthozid 50 als Fungizid gespritzt. Während der Standzeit im Sprühbeet wurde nicht gedüngt. Nach 30 Wochen wurden die Stecklinge ausgehoben und der prozentuale Anteil bewurzelter Stecklinge (Wurzelrate WR), die durchschnittliche Hauptwurzelzahl je Steckling (DWZ) und die Reaktion nichtbewurzelter Stecklinge bonitiert.

Die Bonitur umfaßt im einzelnen:

1. Boniturschema Bewurzelungserfolg

   1 = ohne Reaktion (Nadeln grün, keine Kallus- oder Wurzelbildung, keine erkennbaren Schäden)

   2 = schwache Kallusbildung (schwache, mäßige Verdickung an der Stecklingsbasis, keine Wurzeln)

   3 = starke Kallusbildung (starke, grindige Schwellungen an der Stecklingsbasis, keine Wurzeln)

   4 = bewurzelt (mindestens eine Wurzel mit deutlicher Streckung)

   5 = tot (Nadeln abgestorben, kein Austrieb)

2. Zahl der Hauptwurzeln je Steckling

3.3 Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen und Auswertungen erfolgten am Leibnitz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München, mittels SPSS-Programmen.
Im ersten Rechengang wurden die Daten beschrieben und die klonweise bzw. nach Nachkommenschaften zusammengefaßten Mittelwerte der Ausgangs- und umgewandelten Variablen und deren einfache Statistik (Mittelwert, Minimal- und Maximalwert, Summenwert, Spannweite zwischen höchstem und niedrigstem Wert, Median, Standardabweichung, Standardfehler, Varianz, Exzess, Schiefe, Modalwert, Variationskoeffizient, Vertrauensintervall, Anzahl der Fälle) berechnet.
Mit dem H-Test nach KRUSKAL-WALLIS wurden die Merkmale auf Unterschiede überprüft. Unterschiede wurden als gesichert betrachtet, wenn sie eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 Prozent nicht überschritten. Wo dies der Fall war, wurden jeweils zwei der Nachkommenschaften untereinander mit dem U-Test nach WILCOXON-MANN-WHITNEY verglichen. Für den Vergleich der Monoterpengehalte verschiedener Proben des gleichen Baumes wurde der FRIEDMANN-Test angewendet.
Zusammenhänge zwischen Variablen wurden mittels einfacher Korrelationsrechnung überprüft. Signifikante Werte wurden einer Diskriminanzanalyse unterzogen, um die am besten trennenden Variablen zu selektieren.

In dieser Arbeit bedeuten die Signaturen

xxx = hoch signifikant ($P < 0{,}001$)
xx = sehr signifikant ($P < 0{,}01$)
x = signifikant ($P < 0{,}05$)
ns = nicht signifikant ($P > 0{,}05$)

4. Ergebnisse

Um die Übersicht bei der Fülle von Einzelergebnissen nicht zu verlieren, werden die Ergebnisse, die für alle NK gleichermaßen gültig sind, exemplarisch dargestellt. Im Anhang werden Tabellen und Berechnungsgänge insoweit aufgeführt, als sie für das Verständnis und die Nachvollziehbarkeit der Arbeit notwendig sind. Darüber hinaus kann das ganze Zahlen- und Tabellenwerk beim Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung eingesehen werden.

4.1 Pigmentanalysen

Die Bearbeitung von Standardlösung mit Reinstsubstanz von Chlorophyll a und b ergab, daß mit der Methode 92% der in Lösung vorhandenen Mengen von Chlorophyll bestimmt werden können. Die nachfolgend angegebenen Werte sind daher als Mindestwerte der Chlorophyllgehalte aus Tannennadeln anzusehen.
Für die anderen Pigmente standen synthetische Reinstsubstanzen zur Herstellung von Standardlösung nicht zur Verfügung, es wird jedoch davon ausgegangen, daß die Verhältnisse entsprechend sind.
Für die Analysen wurden die Gehalte von Chlorophyll a und b, von Carotin α und β und von den beiden Xanthophyllen Lutein und Zeaxanthin verwendet. Im Rohextrakt noch vorhandene Spuren anderer Carotinoide wurden nicht weiter untersucht. Alle wiedergegebenen Werte errechnen sich aus dem Mittel von 2 - 4 Platten je Probe. Die Standardabweichung eines Analysenganges mit 10 Platten einer Probe beträgt für Chlorophyll a 1,1%, Chlorophyll b 2,7%, Carotin α 1,8%, Carotin β 2,3%, Lutein 2,4% und Zeaxanthin 2,3%. Von dem Klon 546 wurden am Anfang, in der Mitte und am Ende des Gewinnungszeitraumes Proben genommen. Die Ergebnisse weisen keine signifikanten Unterschiede auf (Anhang 2), d.h. die Pigmentausstattung - zumindest dieses Klons - änderte sich während des Gewinnungszeitraumes nicht.

4.11 Absolute und relative Farbstoffgehalte

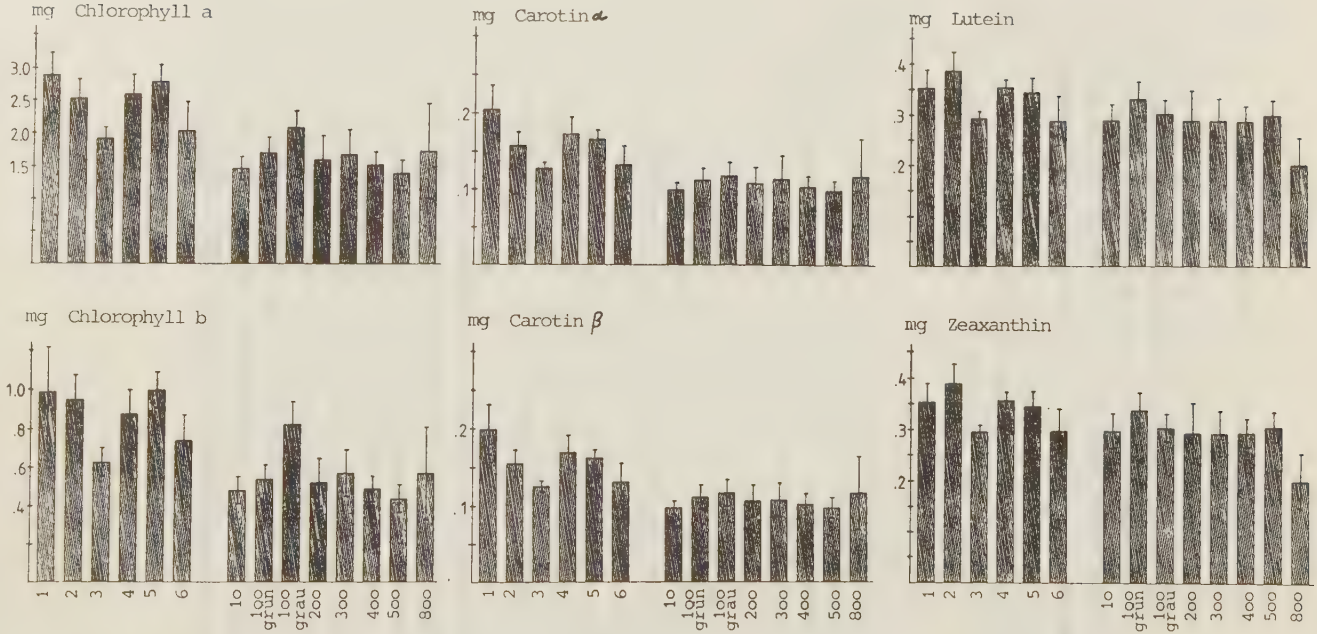
Die absoluten mittleren Pigmentgehalte der untersuchten reinen Tannenarten und Tannenbastarde unterscheiden sich erheblich (Anhang 3). Der Gehalt beider Chlorophylle liegt bei den reinen Arten deutlich höher als bei den Kreuzungsnachkommenschaften (Abb.3). Ausgenommen sind A. grandis, die in beiden Chlorophyllgehalten vergleichsweise niedrige Werte besitzt, und die Nachkommenschaft A. concolor x A. procera "graunadelig", die mit 0,82 mg einen hohen Chlorophyll b-Gehalt hat.

Die gutwüchsigen grünnadeligen Tannenbastarde erreichen Gesamtchlorophyllgehalte zwischen 1,55 und 2,20 mg, die reinen Arten dagegen Werte von 2,54 bis 3,87 mg. Die geringwüchsigen Tannenbastarde der Nachkommenschaftsnummern 100 "grau" und 800 liegen im Gesamtchlorophyllgehalt zwischen reinen Arten und wüchsigen Tannenbastarden.

Im Gesamtcarotingehalt liegen die Verhältnisse recht ähnlich, allerdings auf wesentlich geringerem Niveau. Die luxurierenden Tannenbastarde erreichen Gesamtcarotingehalte von 0,16 bis 0,23 mg, während die reinen Tannenarten zwischen 0,25 und 0,40 mg Gesamtcarotingehalt haben. Carotin α und β sind stets in nahezu gleichen Mengen vorhanden. Auch hier liegen die schlechtwüchsigen Tannenbastarde zwischen den beiden Gruppen.

Grundsätzlich andere Gehalte ergeben sich bei den beiden untersuchten Xanthophyllen Lutein und Zeaxanthin. Zwar sind die mittleren Gesamtgehalte bei den wüchsigen Bastarden etwas geringer als bei den reinen Arten, eine deutliche Unterscheidung ist jedoch nicht möglich. Die höchsten Xanthophyllgehalte erreicht die A. concolor, während die niedrigsten bei der schlechtwüchsigen Kreuzungsnachkommenschaft 800 erreicht werden. Auffallend ist die gutwüchsige NK A. concolor x A. procera mit vergleichsweise hohen Werten von 0,67 mg.

Abb 3: Absolute mittlere Pigmentgehalte (mg/g)



Der relative Anteil der einzelnen Pigmente am Gesamtpigmentgehalt zeigt deutliche Unterschiede zwischen reinen Arten, luxurierenden und schlechtwüchsigen Tannenbastarden (Tab. 3).

Tab 3: Relative mittlere Pigmentgehalte (%)

NK-Nr.	Chlorophyll			Carotin			Xanthophyll		
	a	b	Gesamt	α	β	Gesamt	Lut.	Zeax.	Gesamt
1	58.o	19.6	77.7	4.1	4.o	8.1	7.1	7.1	14.2
2	54.7	19.1	73.8	3.5	3.5	7.o	9.6	9.7	19.2
3	56.6	18.4	75.o	3.8	3.7	7.5	8.7	8.8	17.5
4	57.3	19.3	76.6	3.8	3.7	7.6	7.9	8.o	15.8
5	58.o	2o.7	78.7	3.5	3.4	6.9	7.2	7.2	14.4
6	56.o	2o.4	76.4	3.7	3.6	7.3	8.o	8.3	16.3
1o	53.5	17.5	71.o	3.7	3.6	7.3	1o.7	11.o	21.7
1oo (1o1-119)	54.2	17.1	71.4	3.6	3.6	7.2	1o.6	1o.8	21.5
1oo (151-155)	55.7	21.8	77.4	3.2	3.1	6.3	8.1	8.1	16.3
2oo	54.7	17.7	72.4	3.7	3.7	7.4	1o.o	1o.2	2o.2
3oo	54.7	18.6	73.3	3.7	3.5	7.3	9.6	9.8	19.4
4oo	54.3	17.4	71.7	3.7	3.6	7.3	1o.3	1o.6	21.o
5oo	52.9	16.5	69.3	3.8	3.7	7.5	11.5	11.7	23.2
8oo	58.3	19.o	77.3	4.o	3.9	7.9	7.4	7.4	14.9

Der Chlorophyll a-Anteil schwankt bei den untersuchten NK zwischen 53% und 58%, wobei die höchsten Chlorophyll a-Anteile bei A. alba, A. procera und der schlechtwüchsigen Kreuzungsnachkommenschaft A. nordmanniana x A. veitchii vorkommen. Den geringsten Chlorophyll a-Anteil haben die luxurierenden Bastarde der Kreuzungsnachkommenschaft A. grandis x A. concolor mit 53%. Die luxurierenden Bastarde haben etwa 2% weniger Chlorophyll a als die reinen Tannenarten, die schlechtwüchsigen NK verhalten sich unterschiedlich;

die graunadelige A. concolor x A. procera NK liegt mit 55,7% im Bereich der luxurierenden Tannenbastarde, während die schlechtwüchsige NK von A. nordmanniana x A. veitchii in den Bereich der reinen Arten hineinkommt.
Im Chlorophyll b-Gehalt sind die Unterschiede noch etwas größer. Während die reinen Arten Anteile von max. 2o,7% haben, liegen die luxurierenden Bastarde um rund 3% darunter und erreichen max. 18,6% bei der NK A. concolor x A. nordmanniana. Die schlechtwüchsigen Kreuzungsnachkommenschaften liegen im Chlorophyll b-Gehalt eindeutig im Bereich der reinen Arten.

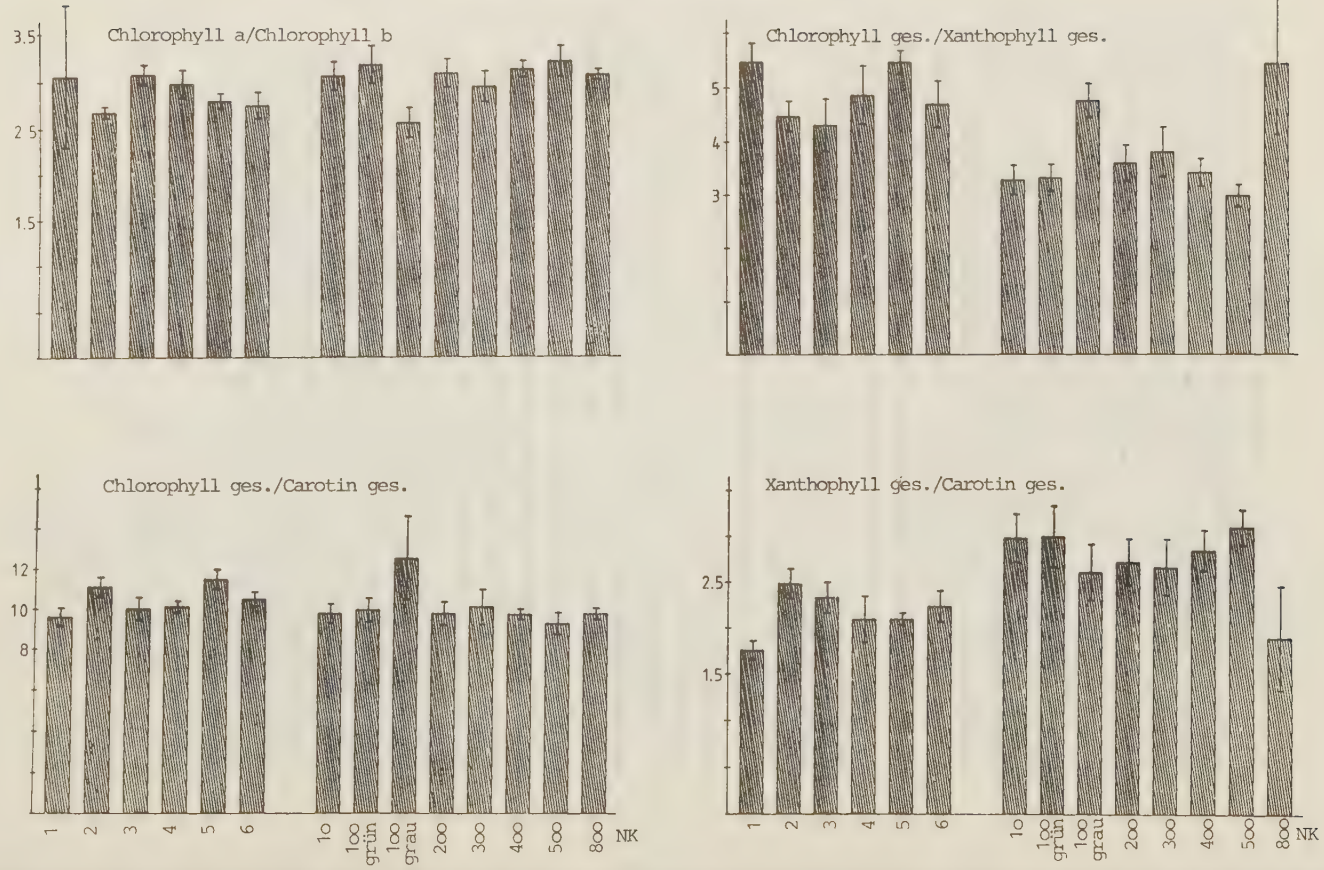
Die Gesamtchlorophyllgehalte der untersuchten Tannen streuen zwischen 69,3% (A. grandis x A. concolor) und 78,7% (A. procera).
Bei den Carotin-Anteilen ergeben sich zwischen reinen Arten und Kreuzungsnachkommenschaften keine Unterscheidungsmöglichkeiten. Den geringsten Gesamtcarotinanteil mit 6,3% hat die schlechtwüchsige NK A. concolor x A. procera, den höchsten mit 8,1% A. alba.
Im relativen Xanthophyllanteil erreichen die reinen Arten Maximalwerte von 19,2% (A. concolor), die luxurierenden Tannenbastarde dagegen 23,2% (A. grandis x A. concolor). Die schlechtwüchsigen Tannenbastarde erreichen mit 14,9% bzw. 16,3% nur die relativ geringen Xanthophyllwerte der reinen Arten. Die luxurierenden Bastarde haben durchschnittlich einen 3% höheren Xanthophyllanteil am Gesamtpigmentgehalt.

Mit den Ergebnissen der Pigmentanalyse wurde eine Diskriminanzfunktion berechnet und die Zuordnung der Einzelindividuen zu den NK überprüft. Durchschnittlich wurden 6o,6% der Bäume den NK richtig zugerechnet, allerdings ist die Zuordnung bei den NK sehr unterschiedlich (Tab. 13, S. 54). Die NK 2oo wird nur zu 18% richtig klassifiziert, die NK 8oo dagegen zu 1oo%.

4.12 Charakteristische Verhältniszahlen

Aus den einzelnen Pigmentgehalten lassen sich für die untersuchten Tannen charakteristische Pigmentverhältnisse errechnen. Für höhere Pflanzen wird ein Chlorophyll a:b Verhältnis von rund 3,0 angenommen (IDA 1981). Dieses Verhältnis spiegelt sich auch bei den untersuchten Tannen wider, allerdings gibt es einige Abweichungen (Abb.4).
Während die reinen Arten Verhältnisse von 3,0 selten oder nur knapp erreichen, liegen die Verhältnisse der luxurierenden Bastarde deutlich über 3,0. Eine Ausnahme davon bildet A. concolor x A. nordmanniana mit einem Wert von 2,95. Das niedrigste Chlorophyll a:b Verhältnis erreicht die schlechtwüchsige NK A concolor x A. procera. Die gleichfalls schlechtwüchsige NK A. veitchii x A. nordmanniana erreicht dagegen einen Wert von 3,08.
Das Verhältnis Gesamt-Chlorophyll : Gesamt-Carotin bewegt sich in der Größenordnung um 10, wobei die reinen Arten eher etwas darüber liegen (A. procera), die luxurierenden Tannenbastarde 10 nur in einem Fall erreichen (A. concolor x A. nordmanniana). Auffallend ist das hohe Verhältnis bei der schlechtwüchsigen NK A. concolor x A. procera, das sich deutlich von dem Verhältnis der gutwüchsigen NK aus gleicher Kombination unterscheidet. Am schärfsten lassen sich reine Arten, luxurierende und schlechtwüchsige Bastarde am Verhältnis Gesamt-Chlorophyll : Gesamt-Xanthophyll differenzieren: Die reinen Tannenarten und die schlechtwüchsigen Bastarde haben Werte von deutlich über 4, während die luxurierenden Tannenbastarde immer darunter bleiben.
Auch das Verhältnis Gesamt-Xanthophyll : Gesamt-Carotin ergibt eine gute Differenzierungsmöglichkeit, allerdings nur zwischen reinen Arten und Tannenkreuzungen insgesamt.Hier ergibt sich ein Schwellenwert von 2,5, den die reinen Arten nicht überschreiten, während die luxurierenden Bastarde Werte zwischen 2,62 und 3,11 erreichen. Besonders auffällig mit dem niedrigsten Wert ist A. alba, gefolgt von der NK A. veitchii x A. nordmanniana mit dem ebenfalls sehr niedrigen Wert von 1,9.

Abb 4: Charakteristische Pigmentverhältnisse



4.13 Korrelation der Pigmente

Am Beispiel der Kreuzungsnachkommenschaft A. concolor x A. nordmanniana ist ersichtlich, daß die Pigmentgehalte untereinander streng positiv und signifikant korreliert sind (Tab. 4).

Tab 4: Daten der Regression für den Zusammenhang zwischen Pigmentgehalten der Nachkommenschaft A. concolor x A. nordmanniana

Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Abschnitt A	Steigung B	r
Chlorophyll a	Chlorophyll b	- 97,59	3,13	o,98 xxx
	Carotin α	-155,5o	16,83	o,95 xxx
	Carotin β	-146,o2	16,95	o,96 xxx
	Lutein	-5o1,34	7.52	o,84 xxx
	Zeaxanthin	-534,85	7,51	o,84 xxx
Chlorophyll b	Carotin α	- 1o,95	5,31	o,95 xxx
	Carotin β	- 3,44	5,31	o,96 xxx
	Lutein	-145,6o	2,46	o,88 xxx
	Zeaxanthin	-156,o5	2,46	o,88 xxx
Carotin α	Carotin β	2,32	o,99	o,99 xxx
	Lutein	- 14,89	o,43	o,85 xxx
	Zeaxanthin	- 16,47	o,43	o,85 xxx
Carotin β	Lutein	- 15,25	o,42	o,84 xxx
	Zeaxanthin	- 17,o8	o,42	o,84 xxx
Lutein	Zeaxanthin	- 3,62	o,99	o,99 xxx
Chlorophyll a + b	Carotin α + β	-162,42	11,12	o,96 xxx
	Lutein + Zeaxanthin	-671,77	4,99	o,85 xxx
Carotin α + β	Lutein + Zeaxanthin	- 15,12	o,42	o,84 xxx

Der strenge Zusammenhang zwischen den einzelnen Pigmenten deutet darauf hin, daß die Pigmentsynthese für alle Komponenten nach dem gleichen Muster abläuft. Ergebnisse von Untersuchungen zur chemischen Struktur und Synthese bestätigen diese Vermutung (MILLER 1973, CZYGAN 1980).
Da sich für die anderen NK sehr ähnliche Zusammenhänge ergeben, wurde auf deren Darstellung verzichtet.

4.2 Monoterpenanalysen

Mit dem Verfahren wurden bis zu 14 verschiedene Komponenten des Luft-Monoterpen-Gemisches erfaßt, wobei die meisten jedoch weniger als 1% der Gesamtpeakfläche ausmachten und wegen der großen Fehlerwahrscheinlichkeit nicht zur Auswertung herangezogen wurden.
Für alle Terpenkomponenten wurden nachkommenschaftsweise Mittelwerte mit zugehöriger einfacher Statistik berechnet. Um Unterschiede zwischen mehreren NK festzustellen, wurde zunächst der H-Test nach KRUSKAL und WALLIS angewendet (Anhang 4). Bei Vorliegen von signifikanten Unterschieden im H-Test wurden dann jeweils zwei NK mit dem U-Test gegeneinander geprüft, um genau festzustellen, wo die signifikanten Unterschiede liegen (Anhang 5).
Zusammenhänge zwischen verschiedenen Terpenkomponenten einer Probe bzw. zwischen gleichen Terpenkomponenten verschiedener Proben wurden mittels einfacher Korrelationsanalyse dargestellt.
Abschließend wurde geprüft, wie sicher die Einzelindividuen durch eine Diskriminanzfunktion der Monoterpenkomponenten den richtigen NK zugeordnet werden können.
Zu Beginn der Arbeiten am Gaschromatographen wurden Analysengänge mit je 10 Chromatogrammen einer ein- und zweijährigen Nadelprobe durchgeführt, um den Fehlerbereich der Methode abzuschätzen (Anhang 6).
Der Standardfehler für die einzelnen Komponenten ist unterschiedlich groß, außerdem gibt es zwischen den verschiedenen Nadeljahrgängen Unterschiede. In der einjährigen Nadelprobe ist der Standardfehler etwas größer als in zweijährigen Nadeln, insgesamt liefert die Methode aber sehr gut reproduzierbare Ergebnisse, der Standardfehler erreicht max. 1,3% vom Mittelwert (B-PH + LIM bei einjährigen Nadeln).

4.21 Monoterpenmuster von Klonen und Individuen

Da von den NK der Kreuzungen 1950/51 bereits kloniertes Material zur Verfügung steht und diese Klone in die Untersuchung miteinbezogen wurden, sollte die Variation der Monoterpene zwischen verschiedenen Individuen eines Klones festgestellt werden.
Dazu wurden von 10 Individuen des Klones 211 Rinden- und zweijährige Nadelproben entnommen.
Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß eine geringe Streuung, die im Fehlerbereich der Methode liegt (Anhang 7). Die Terpenmittelwerte von Nadel- und Rindenharzen unterscheiden sich im CAM-, CAR- und B-PH + LIM-Gehalt deutlich. Bei den Rindenwerten liegen die Standardfehler etwas höher und erreichen max. 2,7% bei B-PH + LIM.

Die unterschiedliche Zusammensetzung des Monoterpen-Musters verschiedener Proben eines Individuums wurde an zwei Beispielen untersucht. Von der NK 500 wurden bei 10 Klonen ein- und zweijährige Nadeln und Triebe sowie 5j. Rinde analysiert, bei der NK 222 nur ein- und zweijährige Nadeln bzw. Triebe (Tab. 5).

Tab 5: Monoterpenzusammensetzung des Harzes verschiedener Gewebeproben von je 10 Klonen zweier Nachkommenschaften

NK, Nr.	Gewebeprobe	n	A-PIN	CAM	B-PIN	CAR	LIM + B-PH
A.grandis 1 x A.concolor 2 500	1j. Nadel	10	23,8	32,5	28,3	2,4	13,0
	2j. Nadel	10	25,4	39,7	27,5	S	7,1
	1j. Trieb	10	21,8	22,1	32,4	5,5	17,3
	2j. Trieb	10	21,4	25,8	30,1	5,8	16,9
	5j. Rinde	10	27,7	46,3	13,1	8,7	5,3
			n s	xxx	xxx	xxx	xxx
A.grandis 11 x A.concolor 12 222	1j. Nadel	10	22,3	15,7	55,7	S	6,5
	2j. Nadel	10	19,0	8,0	64,8	S	7,9
	1j. Trieb	10	25,1	0,8	56,7	9,5	8,0
	2j. Trieb	10	20,5	3,6	57,7	8,7	9,5
			xx	xxx	xxx	xxx	xx

S = Spur (Gehalte<0,1 %)

Bei der NK 222 ergeben sich sehr signifikante Unterschiede im Terpengehalt zwischen den verschiedenen Proben, bei der NK 500 bis auf A-PIN ebenfalls.
Nadel-, Trieb- und Rindenharze unterscheiden sich in ihren Monoterpengehalten quantitativ, wobei die Unterschiede zwischen den Proben erheblich sind. Das Alter beeinflußt die Monoterpenstruktur innerhalb gleicher Proben zwar quantitativ, mit einigen Ausnahmen bleiben die grundsätzlichen Muster von Nadeln, Trieben und Rinden aber erkennbar.
Aus den Tabellen 6 und 7 ist ersichtlich, daß die einzelnen Terpenkomponenten unterschiedlich korreliert sind.

Tab 6: Korrelation zwischen Monoterpenen aus Harz verschiedener Proben der Nachkommenschaft A.grandis 1 x A.concolor 2

Variablen		A-PIN	CAM	B-PIN	CAR	LIM	B-PH
Nadeln 1j. vs 2j.	r	0,92 xxx	0,53 n s	0,85 xxx	0,35 n s	K	0,53 n s
	Abschnitt A	7,92	- 3,28	13,55	2,11		7,13
	Steigung B	0,62	0,90	0,54	1,30		1,09
1j. Nadel vs 2j. Trieb	r	0,85 xxx	0,38 n s	0,67 x	0,63 x	K	- 0,10 n s
	Abschnitt A	9,22	21,33	15,91	- 1,24		15,95
	Steigung B	1,51	0,50	0,38	0,67		- 0,17
1j. Nadel vs 2j. Trieb	r	0,87 xxx	- 0,18 n s	0,77 xx	0,58 x	K	- 0,13 n s
	Abschnitt A	-16,33	37,40	12,36	- 1,60		15,93
	Steigung B	1,87	- 0,19	0,53	0,69		- 0,17
1j. Nadel vs 5j. Rinde	r	0,50 n s	- 0,54 n s	- 0,06 n s	- 0,18 n s	K	- 0,29 n s
	Abschnitt A	9,62	41,78	29,11	2,76		15,44
	Steigung B	0,51	- 0,20	- 0,06	- 0,03		- 0,60
2j. Nadel vs 1j. Trieb	r	0,95 xxx	0,48 n s	0,77 xx	0,01 n s	K	- 0,35 n s
	Abschnitt A	-29,32	31,55	5,14	0,26		10,29
		2,50	0,37	0,69	0,01		- 0,28
2j. Nadel vs 2j. Trieb	r	0,96 xxx	0,05 n s	0,78 xx	- 0,18 n s	K	- 0,28 n s
	Abschnitt A	-39,59	38,86	2,21	0,58		8,50
	Steigung B	3,03	0,03	0,84	- 0,06		- 0,18
2j. Nadel vs 5j. Rinde	r	0,46 n s	- 0,12 n s	0,30 n s	0,47 n s	0,60 x	0,05 n s
	Abschnitt A	6,18	40,93	21,53	0,01	- 0,52	5,22
	Steigung B	0,69	- 0,03	0,45	0,03	1,76	0,05
1j. Trieb vs 2j. Trieb	r	0,98 xxx	0,75 xx	0,90 xxx	0,85 xxx	K	0,90 xxx
	Abschnitt A	- 3,50	6,00	- 0,35	- 0,11		4,87
	Steigung B	1,18	0,62	1,08	0,95		0,73
1j. Trieb vs 5j. Rinde	r	0,31 n s	- 0,15 n s	0,31 n s	- 0,17 n s	K	- 0,18 n s
	Abschnitt A	16,82	24,05	25,45	5,75		18,13
	Steigung B	0,18	- 0,04	0,53	0,03		- 0,22
2j. Trieb vs 5j. Rinde	r	0,34 n s	0,19 n s	0,38 n s	- 0,31 n s	K	- 0,01 n s
	Abschnitt A	16,87	22,81	23,16	6,32		16,91
	Steigung B	0,16	0,07	0,53	- 0,05		- 0,01

K= Konstante

Tab 7: Korrelation zwischen Monoterpenen aus Harz verschiedener Proben der Nachkommenschaft A. grandis 11 x A. concolor 12

Variablen		A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
Nadeln								
1j vs 2j	r	o,8o xxx	o,4o n s	o,66 x				o,77 xx
	Abschnitt A	2,36	9,62	-o,52	K	K	K	-o,39
	Steigung B	o,99	o,52	o,86				1,o8
Trieb								
1j vs 2j	r	o,93 xxx	o,46 n s	o,93 xxx		o,67 x		o,87 xxx
	Abschnitt A	5,52	o,4o	-2o,91	K	5,55	K	-4,95
	Steigung B	1,49	o,11	1,34		o,45		1,36

K = Konstante

Die A-PIN-Gehalte verschiedener Gewebe sind - außer bei großen Altersunterschieden - stets signifikant und streng positiv korreliert. Ähnliches gilt für B-PIN, allerdings sind die Zusammenhänge weniger straff.
Zwischen den CAM-Anteilen der untersuchten Gewebearten gibt es - mit Ausnahme der ein- und zweijährigen Triebe der NK 5oo - keine signifikanten Korrelationen.
CAR-Gehalte sind positiv nur in Trieben korreliert.
LIM ist in älteren Geweben positiv korreliert, in jüngeren nur in Spuren vorhanden. Während die B-PH-Gehalte bei der NK 49222 signifikant positiv korreliert sind, ist das bei der NK 5oo nur zwischen ein- und zweijährigen Trieben der Fall.

4.22 Monoterpenmuster der Tannen und Tannenbastarde

Die Monoterpenmuster aus 5j. Rinden- und 2j. Nadelharz unterscheiden sich z.T. erheblich (Anhang 8, 9, 1o, 11).
A-PIN, CAM, B-PIN sind bei allen untersuchten Proben, allerdings in stark unterschiedlicher Quantität, vorhanden.
MYR ist in geringen Mengen in zweijährigen Nadeln vorhanden, in Rindenproben bei manchen NK nicht, bei anderen in Spuren.

CAR ist bei fast allen Proben vorhanden, die Quantitäten sind gerade umgekehrt verteilt wie bei MYR. In Nadelharzen ist relativ wenig CAR (Ausnahme A. nordmanniana), im Rindenharz dagegen immer ein deutlicher Anteil vorhanden. LIM und B-PH folgen in der Retentionszeit kurz aufeinander, was bei machen Arten die Identifizierung erschwert. Beide Komponenten sind in den meisten Proben vorhanden. Es besteht offensichtlich eine straffe, negative Korrelation zwischen beiden, die dazu führt, daß z.B. bei A. alba - mit hohem LIM-Gehalt im Nadel- und Rindenharz - kein B-PH mit der Methode mehr nachgewiesen werden konnte.

Die reinen Abies-Arten lassen sich am Monoterpengehalt im Nadel- oder Rindenharz exakt trennen, denn für die einzelnen Arten gibt es typische Spektren, die nach Art des untersuchten Gewebes unterschiedlich ausfallen.

Die Tannen-Bastarde untereinander lassen sich gut trennen, allerdings bieten die Terpenmuster aus Rindenharzen geringere Differenzierungsmöglichkeiten als die aus Nadelharzen (Abb. 5,6,7).

Die Zusammenstellung der Monoterpenmuster nach Familien ermöglicht eine eindeutige Identifizierung von NK (Abb. 8,9). Gleichzeitig ist daraus ersichtlich, daß in Abhängigkeit von der Elter-Kombination durchaus unterschiedliche Muster bei den Nachkommen entstehen, z.B. bei A. concolor x A. veitchii und A. concolor x A. grandis (Abb.8).

Die Darstellung der Abhängigkeiten verschiedener Terpene, exemplarisch für die Kreuzungsfamilie A concolor x A. veitchii in Abbildung 10 ersichtlich, ermöglicht eine klare Trennung der drei Nachkommenschaften.

Die Ergebnisse der Diskriminanzanalysen (Tab.8) zeigen, daß alle reinen Arten sowohl mit Nadel- wie mit Rindenharz-Terpenen gut, die Bastarde unterschiedlich gut klassifiziert werden. Rindenharz-Terpene alleine ergeben schlechtere Klassifizierungen als Nadelharz-Terpene alleine, beide zusammen ermöglichen jedoch eine 100% richtige Zuordnung der reinen Arten und verbessern die Zuordnung der Bastarde erheblich. Eine Ausnahme bildet die NK 500, die auffallend schlecht klassifiziert wird, bei Hinzunahme der NK 1200 ist mit Hilfe der Nadelharzterpene sogar überhaupt keine Zuordnung der NK 500 mehr möglich.

Abb 5: Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Nadelharz verschiedener Tannen
(Mittelwert und Standardabweichung)

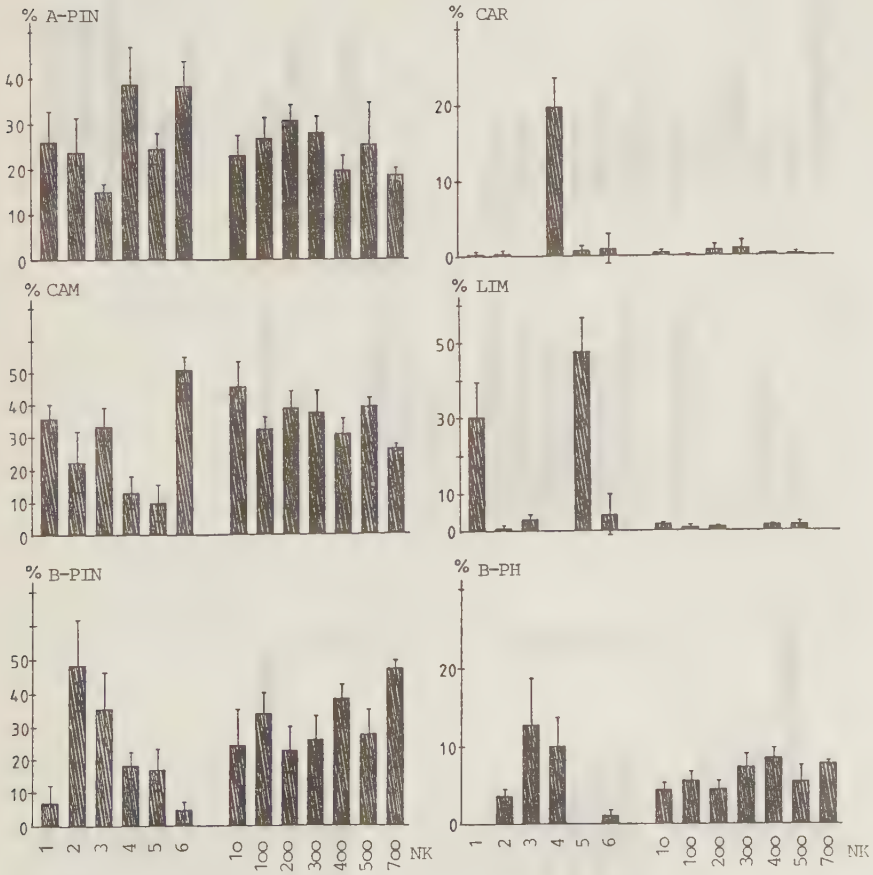


Abb 6: Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Rindenharz verschiedener Tannen
(Mittelwert und Standardabweichung

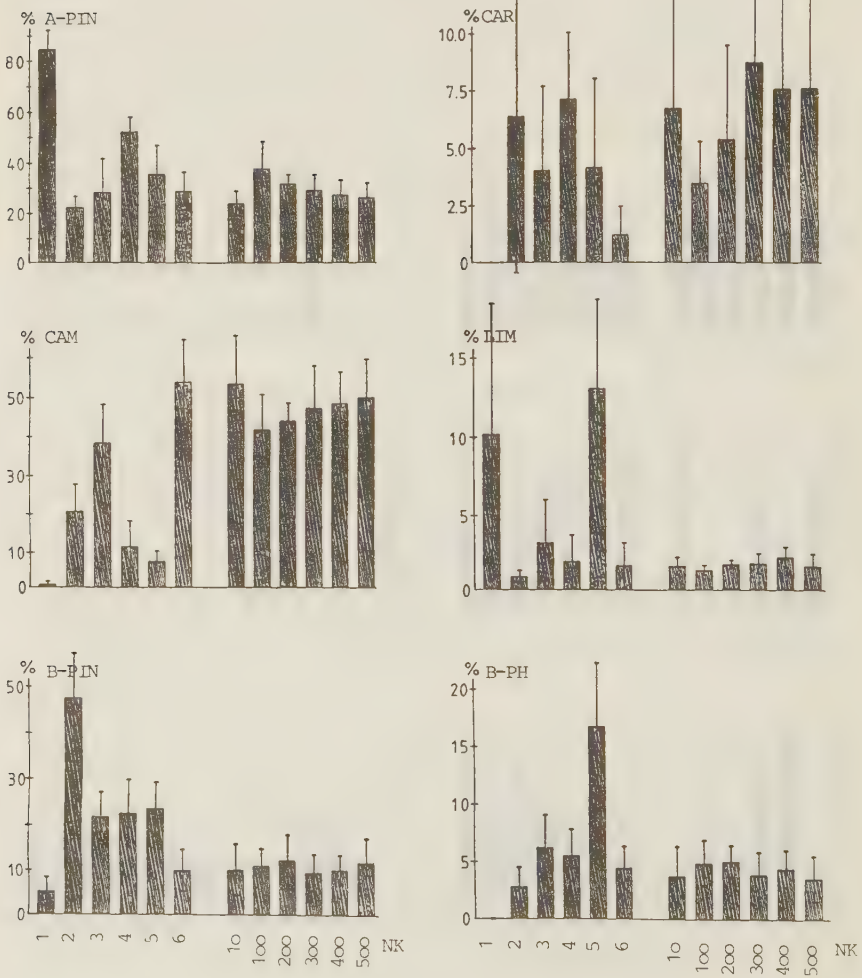


Abb 7: Gesamtmittel der Monoterpen-Komponenten im Nadelharz zweijähriger Tannen-Sämlinge (Mittelwert und Standardabweichung)

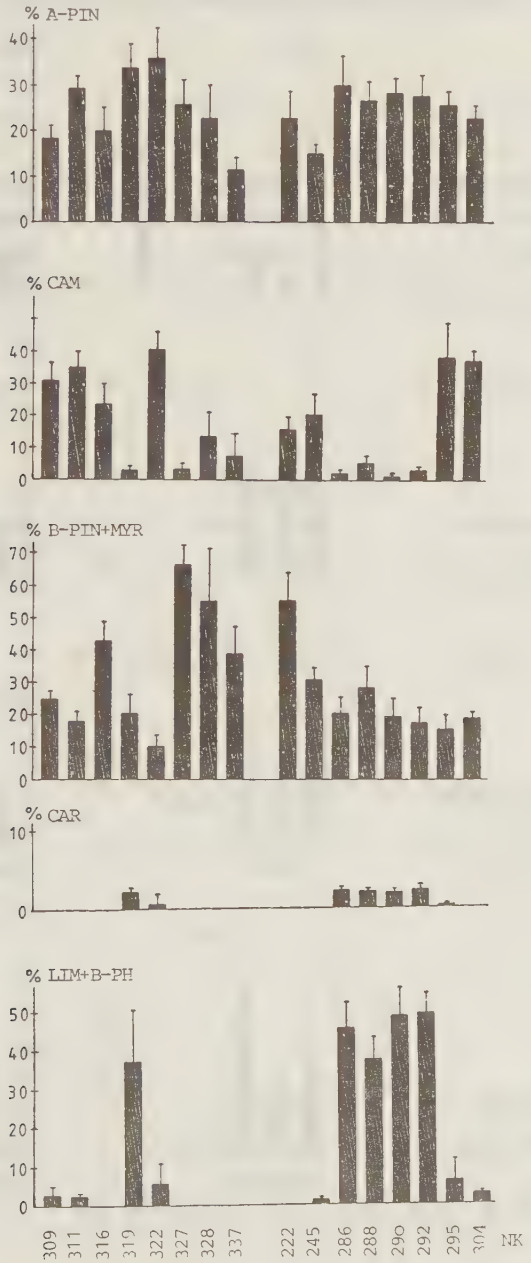


Abb 8: Monoterpenmuster im Nadelharz von Tannen, relativer Anteil der Hauptkomponenten (Mittelwert und Standardabweichung)

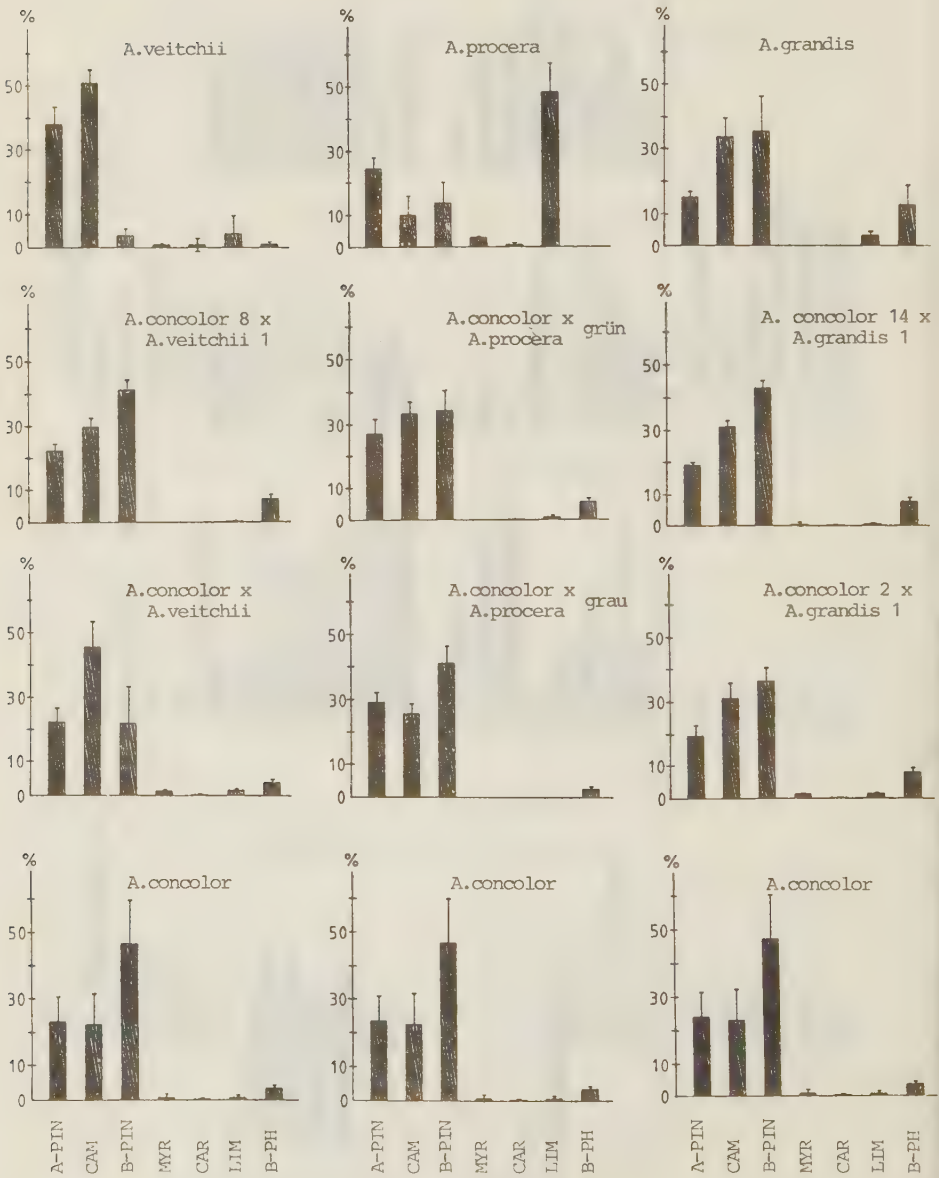


Abb 9: Monoterpenmuster im Nadelharz von Tannen, relativer Anteil der Hauptkomponenten (Mittelwert und Standardabweichung)

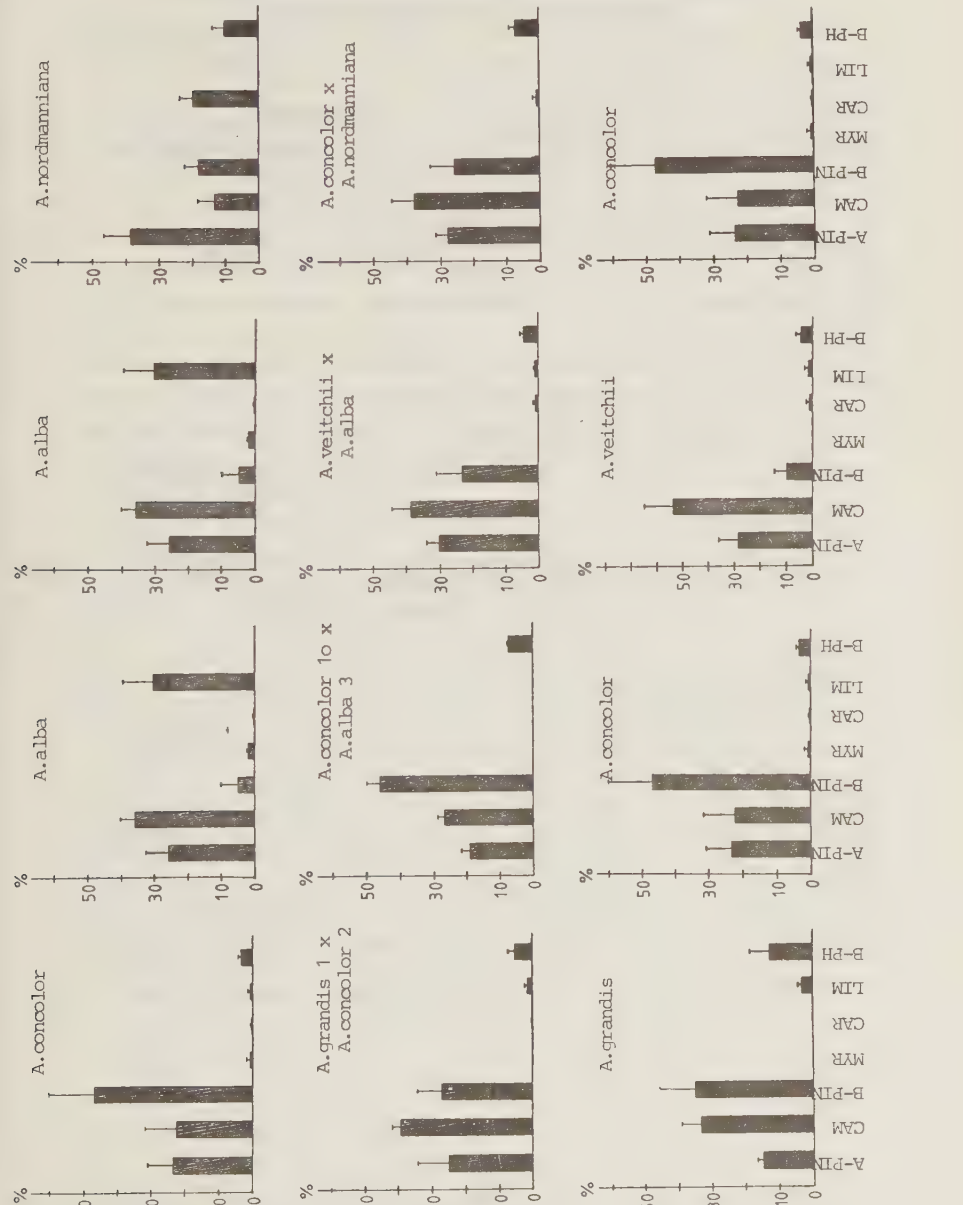
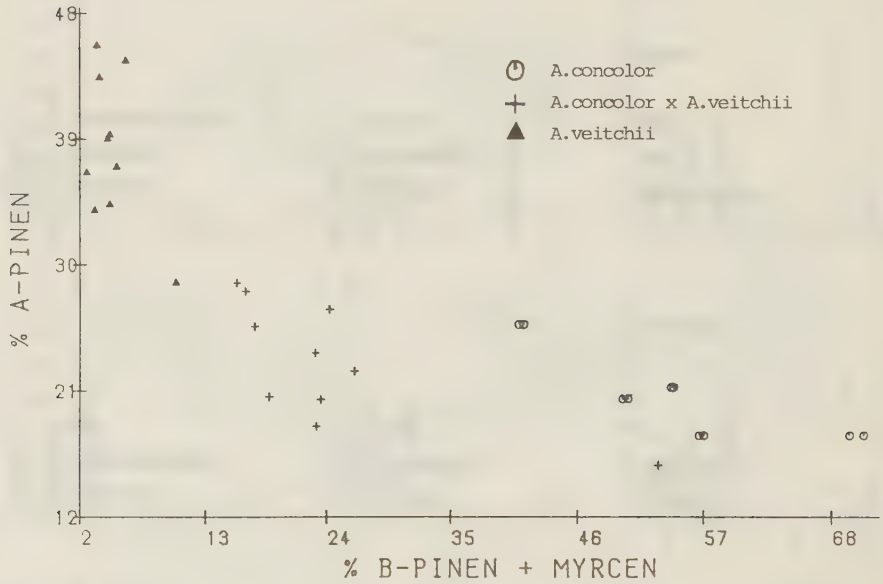


Abb 1o: Intrafamiliäre Korrelation von Nadelharz-Terpenen
(Nachkommenschaft A.concolor x A.veitchii)



Tab 8: Zuordnung der Nachkommenschaften mit Hilfe der untersuchten Monoterpenstrukturen (%)

Terpenmuster aus	Nachkommenschaften															
	1	2	3	4	5	6	1o	1oo grün	1oo grau	2oo	3oo	4oo	5oo	7oo	12oo grün	12oo grau
2j. Nadeln	9o	7o	7o	1oo	9o	9o	8o	3o	8o	36	3o	5o	2o	88	-	-
5j. Rinde	95	6o	65	9o	88	65	45	47	-	36	4o	15	1o	-	-	-
2j. Nadeln + Rinde	1oo	9o	1oo	1oo	1oo	1oo	7o	9o	-	55	6o	7o	4o	-	-	-
2j. Nadeln	9o	47	5o	1oo	9o	1oo	8o	3o	9o	5o	4o	5c	o	88	7o	8o

4.23 Monoterpenmuster verschiedener A. concolor-Nachkommen

Aus der Kombination A. concolor x A. procera 1950 ist eine NK hervorgegangen, in der neben grünnadelig-wüchsigen auch graublau benadelte, geringwüchsige Individuen auftreten. Vergleichbare Beobachtungen sind bei Absaaten windbestäubter A. concolor gemacht worden.
Die Monoterpenmuster dieser NK sind in Tab. 9 zusammengefaßt.

Tab 9: Monoterpenmuster aus Nadelharz verschiedener A.concolor-Nachkommen

Nachkommen	Nadelfarbe	A-PIN	CAM	B-PIN (MYR)	CAR	LIM	B-PH
A. concolor x	grün	26,7	32,9	33,8	S	1,O	5,5
A. procera 1950	grau-blau	29,7	26,2	41,3	S	S	2,8
		ns	xx	xx	K	xxx	xxx
A. concolor Nr. 8	grün	25,5	39,6	28,3	S	S	6,6
freiabgeblüht 1958	grau-blau	22,2	11,7	6O,8	S	S	5,3
		xx	xxx	xxx	K	K	x
A. concolor Nr.1O	grün	22,7	29,7	39,9	S	S	7,6
freiabgeblüht 1958	grau-blau	24,O	14,6	56,9	S	S	4,5
		ns	xxx	xx	K	K	x

Während die grünen ausgezeichnet sind durch mehr oder weniger gleichhohe Anteile von A-PIN, CAM und B-PIN und deutlich geringere Anteile von B-PH, ist bei den graunadeligen NK ein deutliches Überwiegen des B-PIN-Anteils festzustellen, der bei den Nachkommen aus freier Abblüte rund 60% der Gesamtterpenfraktion ausmacht und ein typisches Merkmal reiner A. concolor ist. Die graublauen Nachkommen aus der Kreuzung A. concolor x A. procera 1950 dagegen haben wieder ein anderes Muster. Bei diesen ist der CAM-Gehalt mit 26% fast doppelt so hoch, dafür der B-PIN-Anteil mit 41% um ein Drittel geringer.
Daraus geht hervor, daß die graublauen Typen aus freier Abblüte reine A. concolor sind, jene aus der Kreuzung jedoch echte Bastarde von hochgradig heterozygoten Elterbäumen.

Die grünnadeligen NK entsprechen in ihrem Monoterpenmuster verschiedenen Bastard-NK von A. concolor, wobei eine Zuordnung eines Vaterbaumes erhebliche Schwierigkeiten bereitet. Mit Hilfe einer Diskriminanzfunktion wurde versucht, diese grünen A. concolor-NK bekannten Kreuzungsnachkommenschaften mit A. concolor als Mutterbaum und verschiedenen Abies-Arten als Vaterbaum zuzuordnen (Tab. 10).

Tab 10: Zuordnung freiabgeblühter A. concolor Nachkommenschaften zu bekannten Bastarden mit A. concolor als Mutterbaum (in %)

Freiabgeblühte NK von A. concolor	Bekannte Tannen-Bastarde der NK-Nr.				
	1o	1oo (1o1-122)	3oo	4oo	7oo
A. concolor 8 grün (12o1-121o)	3o	7o	o	o	o
A. concolor 1o grün (1222-1231)	o	6o	o	1o	3o
A. concolor 14 grün (1244-1253)	5o	3o	o	1o	1o
A. concolor 2o grün (1254-1263)	o	1o	o	8o	1o

Alle vier NK werden mehr oder weniger stark der bekannten Bastard-Nachkommenschaft 100 zugeordnet, d.h. ein Einfluß von A. procera als Pollenspender ist überall vorhanden, besonders bei A. concolor Nr. 8 und Nr. 10.

Bei A. concolor Nr. 20 ist durch 80%ige Zuordnung zu NK 400 ein überwiegender Einfluß von A. grandis festzustellen, bei A. concolor Nr.14 ergibt sich keine vergleichbar deutliche Zuordnung. In keinem Fall wird eine Zuordnung zur Bastard-Nachkommenschaft 300 vorgenommen, ein Einfluß von A. nordmanniana scheint demnach nicht zu bestehen.

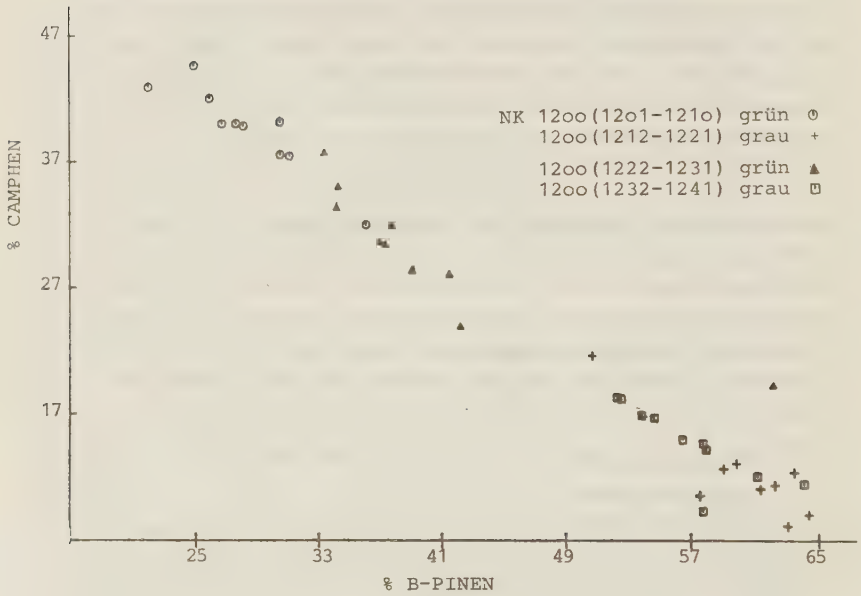
Die Darstellung der intrafamiliären Korrelation der Monoterpene (Abb. 11) ergibt eine scharfe Trennung zwischen grün- und graunadeligen Nachkommen. Innerhalb der Nachkommenschaften gibt es eine erhebliche Streuung, die - im Zusammenhang mit der unterschiedlichen Zuordnung - darauf hindeutet, daß mehrere Individuen als Pollenspender aufgetreten sind. Die Verteilung der Bestände im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath macht dies auch wahrscheinlich.

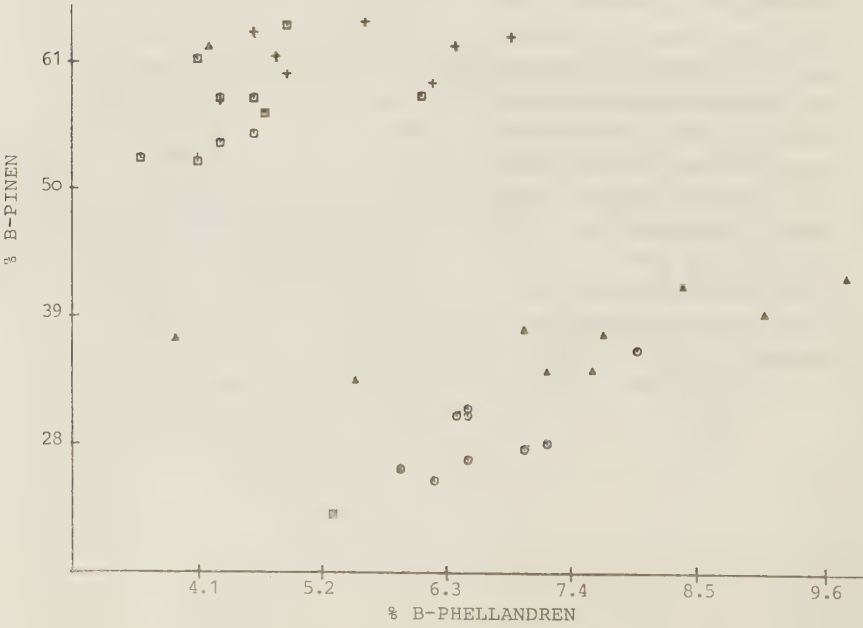
4.24 Monoterpenmuster von Nachkommen aus gleicher Artkombination

Die Monoterpenmuster von NK aus gleicher Artkreuzung mit verschiedener Elterkombination (Tab. 11) geben ganz deutliche Hinweise auf den entscheidenden Einfluß der Individualkombination bei interspezifischen Kreuzungen.

Die Kreuzungen A. concolor x A. veitchii (Nr. 1 in Tab. 11) und A. grandis x A. concolor (Nr. 4 in Tab. 11) sind jeweils mit anderer Individualkombination durchgeführt worden und unterscheiden sich hochsignifikant.
Die Halbgeschwisternachkommen mit A. grandis als Pollenspender (Nr. 2, 3 in Tab. 11) sind relativ einheitlich und kaum zu trennen, der Einfluß des ♂-Elters ist in beiden Fällen sehr groß.
Die reziproken Kreuzungen (Nr. 5 in Tab. 11) haben unterschiedliche Terpenmuster, die eine Trennung - insbesondere am CAM- und B-PIN-Gehalt - ermöglichen.

Abb 11: Intrafamiliäre Korrelation von Nadelharz-Terpenen
(grün- und graunadelige A.concolor-Nachkommen)





Tab 11: Monoterpenmuster von Nachkommen aus gleicher Artkombination

Lfd. Nr.	Kreuzungskombination	Gewebeart	A-PIN	CAM	B-PIN (MYR)	CAR	LIM	B-PH
1.	A.concolor x A.veitchii 1950	2j. N.	23,1	45,9	24,3	.5	1,8	4,3
	A.concolor 8 x A.veitchii 1 1958	2j. N.	22,2 ns	29,5 xx	40,9 xx	S xxx	.4 xxx	7,2 xxx
2.	A.concolor 2 x A.grandis 1 1951	2j. N.	19,8	31,3	38,1	.4	1,6	8,5
	A.concolor14 x A.grandis 1 1958	2j. N.	18,7 ns	30,5 ns	42,7 x	.2 x	.5 xxx	7,4 ns
3.	A.concolor11 x A.grandis12 1980	1j. N.	20,3	20,1	50,6	S	S	9,1
	A.concolor12 x A.grandis12 1980	1j. N.	20,7 ns	17,2 ns	54,2 ns	S K	S K	7,8 ns
4.	A.grandis 1 x A.concolor2 1951	1j. N.	23,8	32,5	28,3	2,4	S	13,0
	A.grandis 11 x A.concolor12 1980	1j. N.	22,8 ns	15,6 xxx	55,1 xxx	S xxx	S K	6,4 xxx
5.	A.concolor 2 x A.grandis 1 1951	2j. N.	19,8	31,3	38,1	.4	1,6	8,5
	A.grandis 1 x A.concolor2 1951	2j. N.	25,4 ns	39,7 xxx	27,5 xx	.3 x	1,7 ns	5,4 xx

4.25 Monoterpenmuster von sicheren und zweifelhaften Nachkommenschaften

Bei der Durchführung kontrollierter Kreuzungen kommt es gelegentlich zur Kontamination mit Fremdpollen infolge mangelhafter Isolierung der ♀-Blüten. Der ursprünglich eingebrachte Pollen kann daher voll, teilweise oder auch gar nicht zur Bestäubung und Befruchtung gedient haben.

Bei einigen NK der Kreuzungen 1980, die auf die o.a. Weise entstanden sind und deren Art-Kombination zweifelhaft sein muß, wurde versucht, mit Hilfe der Monoterpenanalyse die Fremdpolleneinwirkung nachzuweisen bzw. auszuschließen (Tab. 12). Die Terpenmuster bei den zwei NK aus den Kreuzungskombinationen A. procera 11 x A. grandis 12, A procera 11 x A. nephrolepis 1 und A. veitchii 11 x A. nephrolepis 1

Tab 12: Monoterpenmuster aus dem Harz 1j. Nadeln gesicherter und zweifelhafter Nachkommen

Nachkommenschaft		A-PIN	CAM	B-PIN (MYR)	CAR	LIM	B-PH
A. concolor 12 x A. grandis 12	gesichert	2o,7	17,2	54,2	S	S	7,8
	zweifelhaft	22,1	15,1	53,4	S	S	9,5
		ns	ns	ns	K	K	ns
A. procera 11 x A. concolor 12	gesichert	3o,o	2,2	2o,1	2,3	45,4	S
	zweifelhaft	28,5	1,9	19,2	2,3	58,2	S
		ns	ns	ns	ns	ns	K
A. procera 11 x A. grandis 12	gesichert	28,4	1,3	19,1	2,o	48,7	S
	zweifelhaft	31,o	2,6	21,4	2,1	43,o	S
		x	xx	ns	ns	x	K
A. procera 11 x A. alba 12	gesichert	26,7	5,4	28,o	2,1	37,2	S
	zweifelhaft	27,3	5,3	25,8	1,9	39,7	S
		ns	ns	ns	ns	ns	K
A. procera 11 x A. nephrolepis 1	gesichert	27,8	3,2	17,2	2,3	49,5	S
	zweifelhaft	3o,5	5,5	16,2	2,3	45,5	S
		ns	xx	ns	ns	ns	K
A. veitchii 11 x A. nephrolepis 1	gesichert	21,1	4o,1	11,5	S	13,o	4,9
	zweifelhaft	31,9	47,8	8,6	S	9,8	2,o
		ns	xxx	xx	K	ns	ns

sind signifikant verschieden. Offensichtlich ist Fremdpollen zur Befruchtung gelangt, so daß diese NK nicht aus den angegebenen Kombinationen stammen. Dagegen sind die Unterschiede im Terpengehalt bei den anderen NK nicht signifikant. Es wird davon ausgegangen, daß kein Fremdpollen zur Befruchtung gelangt ist und die zunächst als zweifelhaft eingestuften NK tatsächlich aus der genannten Artkombination entstanden sind.

4.3 Morphologische Untersuchungen

4.31 Nadelmerkmale

Auf der Grundlage von vier qualitativen und sieben quantitativen Nadelmerkmalen lassen sich die untersuchten NK deutlich trennen (Anhang 12, 13). In Farbe, Form und Apex zeigen die Bastarde eine intermediäre Merkmalsausprägung (Abb. 12, 13, 14), die in Abhängigkeit von der Kombination mehr oder weniger stark zu den jeweiligen Elterarten tendiert. Die Nadellänge wird dagegen anders vererbt. Bastarde haben im Vergleich zu beteiligten

Abb 12: Relative Häufigkeit der Nadelfarbe (%Nadeln je Farbklasse)

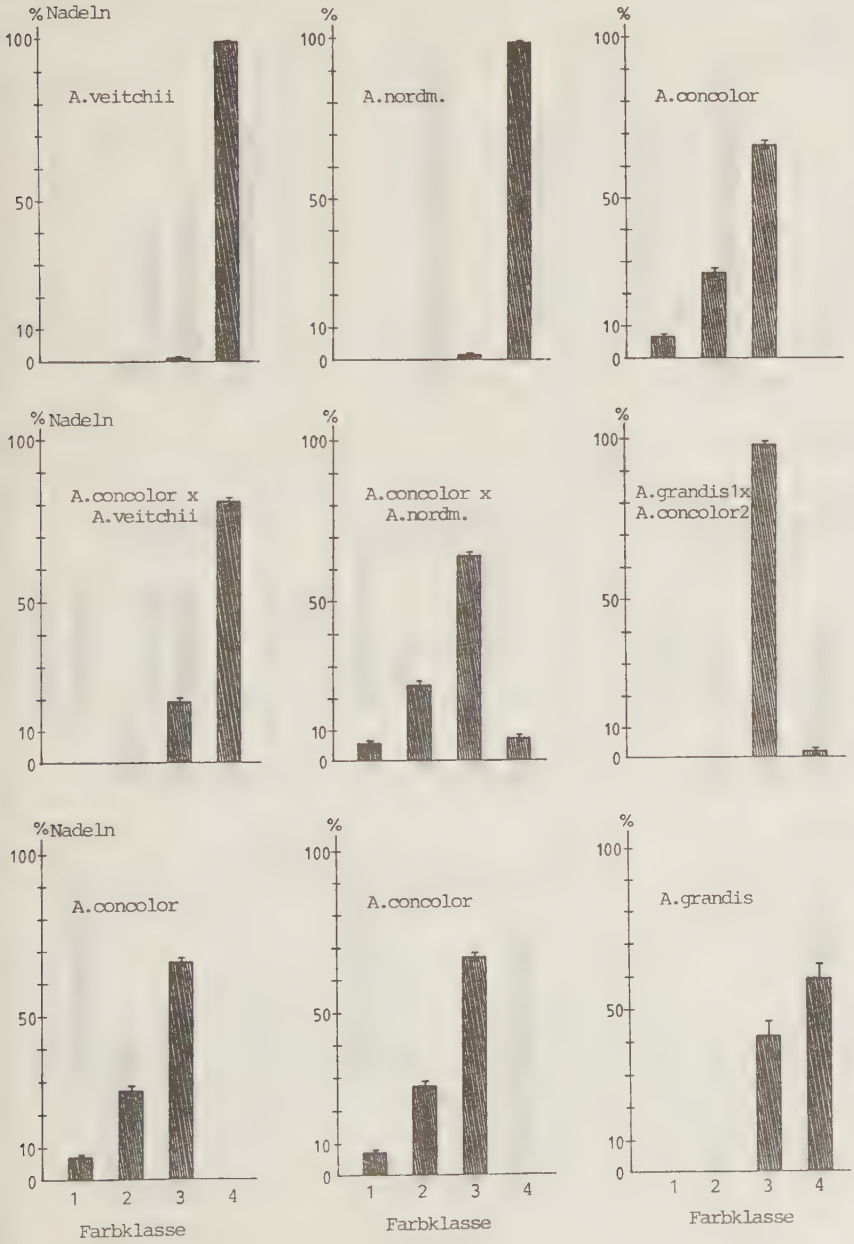


Abb 13: Relative Häufigkeit der Nadelform (% Nadeln je Formklasse)

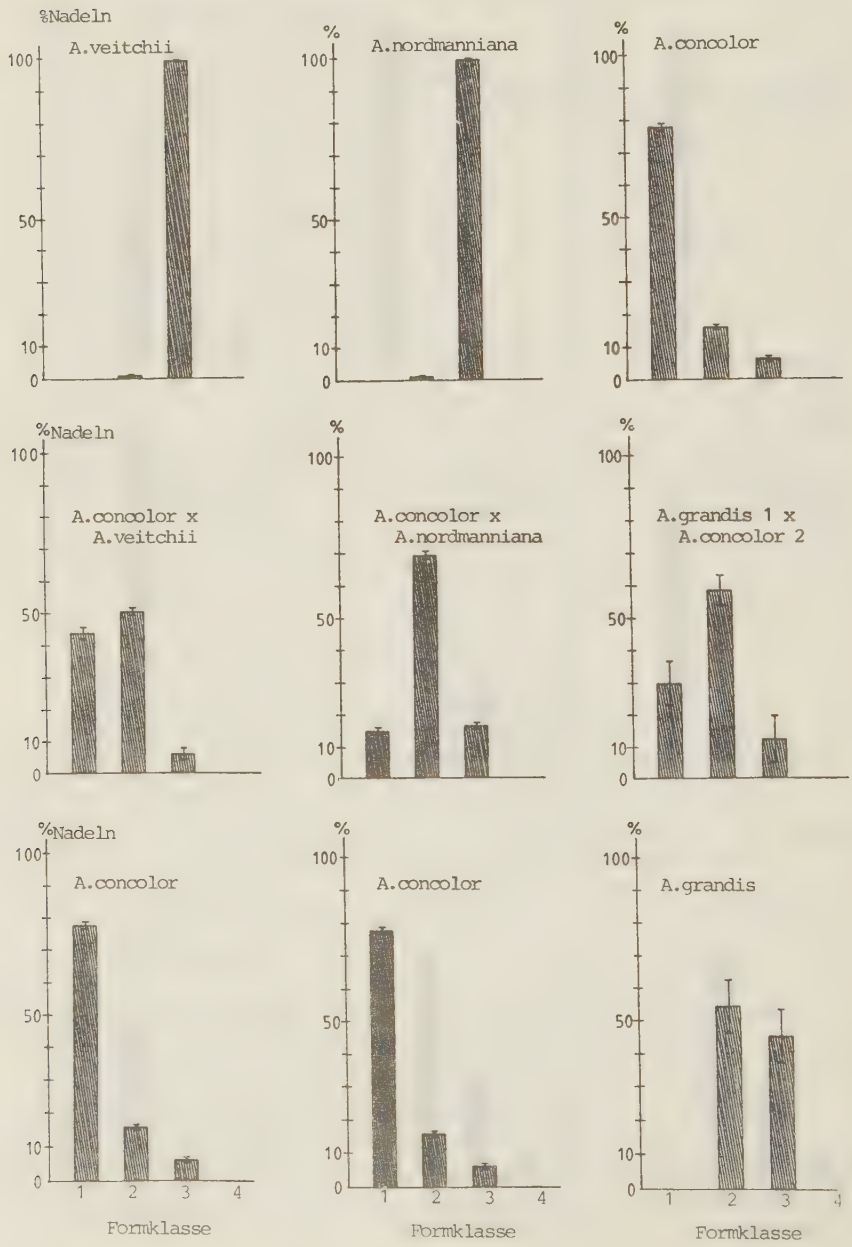


Abb 14: Relative Häufigkeit des Nadelapex (%Nadeln je Apexklasse)

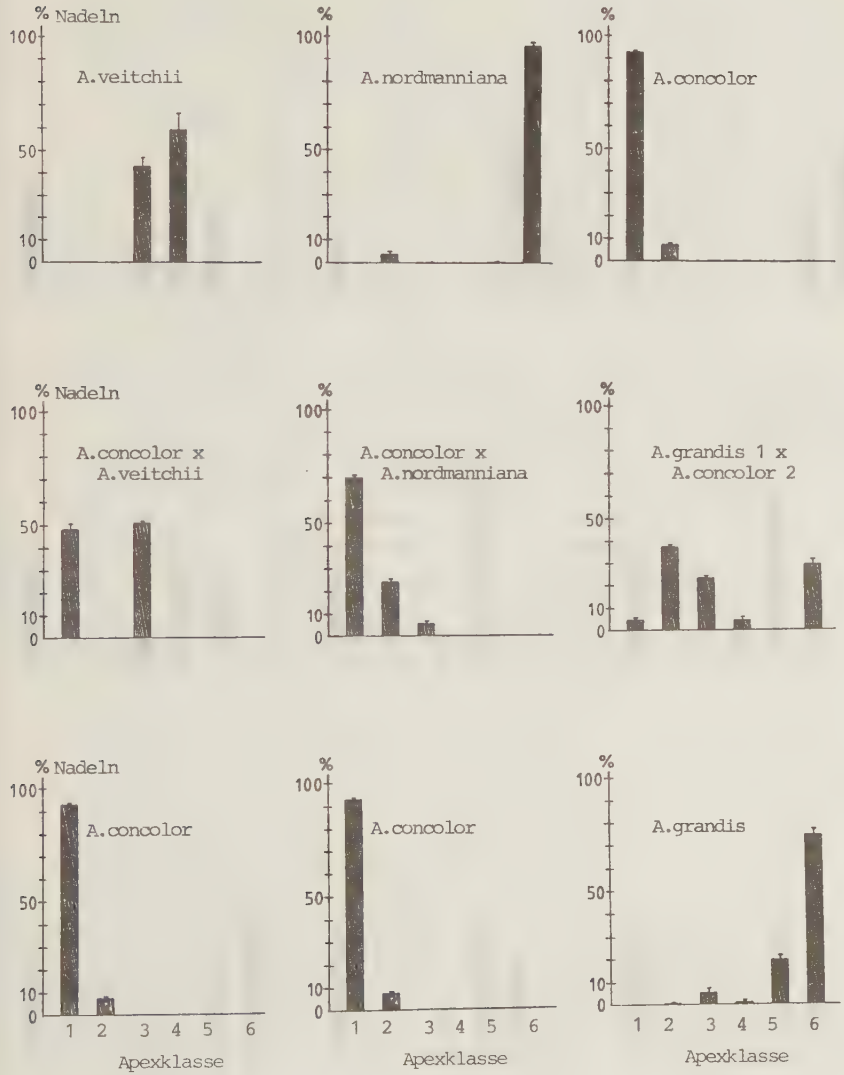
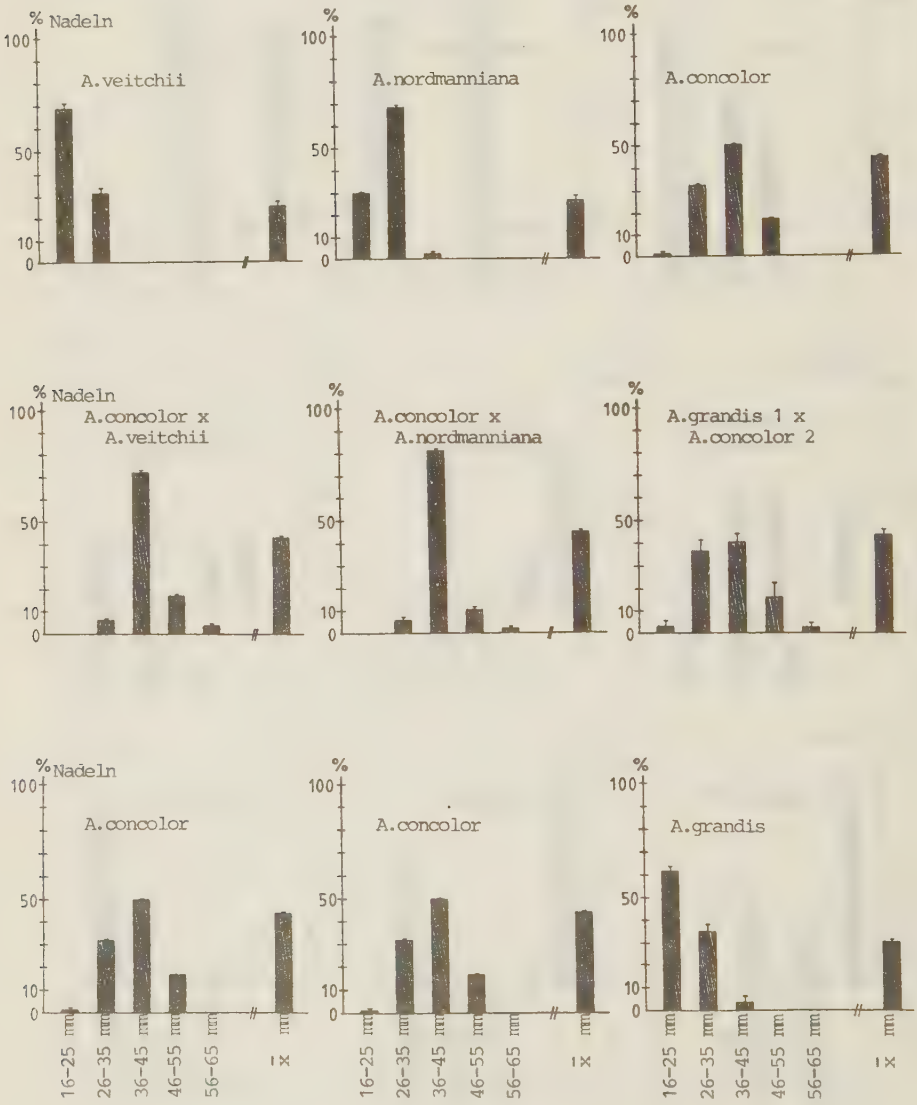


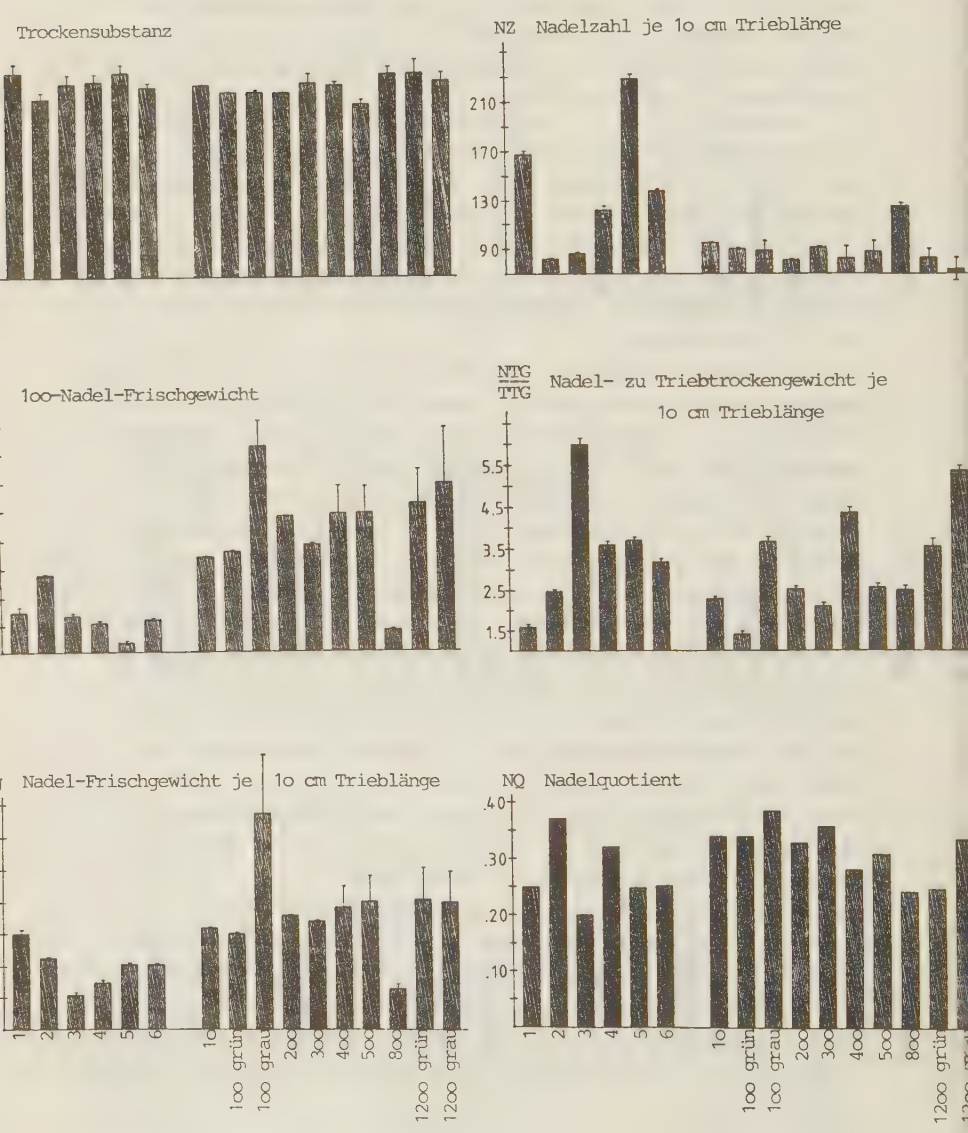
Abb 15: Relative Häufigkeit der Nadellänge (%Nadeln je Längenklasse)



Elterarten fast immer einen höheren Anteil in den Längenklassen 46-55mm/56-65mm, d.h. im Mittel auch längere Nadeln (Abb 15). Die längsten Nadeln überhaupt hat die schlechtwüchsige NK aus der Kombiantion A. concolor x A. procera, die kürzesten Nadeln innerhalb der wüchsigen Bastarde haben die NK der frei-abgeblühten A. concolor 1958.

Weitere Ergebnisse der Nadeluntersuchungen sind in Abb. 16 dargestellt. Die Trockensubstanzgehalte (TG) der NK bewegen sich in sehr engem Rahmen und ermöglichen keine Differenzierung. Nur A. concolor und die NK 500 unterscheiden sich durch besonders geringe Werte von allen übrigen NK. Bemerkenswert ist die außerordentlich geringe Variation innerhalb der NK 10, 100 und 200.
Das Frischgewicht (FG) von 100 Nadeln variiert in Abhängigkeit von der spezifischen Nadelausbildung bei den einzelnen Arten und Bastarden in erheblichem Ausmaß. Das geringste 100-Nadel-Gewicht findet sich bei der kurznadeligen A. procera, das höchste Nadelgewicht erreicht die schlechtwüchsige, graunadelige Kreuzungsnachkommenschaft A. concolor x A. procera. Innerhalb der Tannenbastarde ergeben sich deutliche Unterschiede, ein Vergleich zwischen Bastarden und Elterarten ergibt bezüglich des 100-Nadel-Frischgewichtes deutlich größere Werte für die Tannenbastarde. Die Kreuzungsnachkommenschaften A. concolor x A. grandis und reziprok verhalten sich hinsichtlich des 100-Nadel-Frischgewichtes völlig gleich. Die übrigen Nachkommenschaften von A. concolor differieren nur im geringen Ausmaß, die NK A. veitchii x A. alba erreicht ein hohes Nadelfrischgewicht. Die beiden verschieden wüchsigen NK der frei abgeblühten A. concolor unterscheiden sich im 100-Nadel-Frischgewicht nicht signifikant.
Die Nadelfrischgewichte je 10 cm Trieblänge (FG pro 10 cm) ergeben in der Tendenz ähnliche Ergebnisse wie die 100-Nadel-Frischgewichte, einige Verschiebungen sind jedoch festzustellen. So erreicht A. alba bei den reinen Arten mit 2,0 g je 10 cm Trieblänge das höchste Nadelfrischgewicht, während A. grandis mit 1,03 g das geringste Nadelfrischgewicht erreicht.

Abb 16: Nadelmerkmale von Tannenarten und -Bastarden



Bei den Tannenbastarden erreicht auch hier die schlechtwüchsige graunadelige NK A. concolor x A. procera mit 3,87 g den weitaus höchsten Wert. Die gutwüchsigen luxurierenden Kreuzungsnachkommenschaften liegen in einem relativ engen Bereich von 2,01 g bei A. concolor x A. procera und 2,55 g bei der wüchsigen NK der frei abgeblühten A. concolor.

Hinsichtlich der Nadelzahl (NZ pro 10 cm) unterscheiden sich die reinen Arten wesentlich deutlicher voneinander als die Tannenbastarde, die sich alle durch geringe Nadeldichte auszeichnen. Diese Beobachtung steht in Einklang mit der großen Nadellänge und dem hohen Nadelfrischgewicht der Bastarde. Die höchste Nadelzahl je 10 cm Trieblänge erreicht A. procera mit 227 Nadeln, die geringste Nadelzahl wird bei A. concolor mit 82 Nadeln je 10 cm Trieblänge festgestellt. Die wenigsten Nadeln bei den Tannenbastarden hat die schlechtwüchsige NK der frei abgeblühten A. concolor, die meisten die schlechtwüchsige NK A. veitchii x A. nordmanniana.
Das Verhältnis von Nadel- zu Triebtrockengewicht je 10 cm Trieblänge ($\frac{NTG}{TTG}$) zeigt bei den untersuchten NK erhebliche Unterschiede. Den geringsten Wert mit 1.41 erreicht die wüchsige Kreuzungsnachkommenschaft A. concolor x A. procera, den höchsten Wert mit 6,02 die reine A. grandis. Die Quotienten der Tannenbastarde liegen in allen Fällen niedriger als die der reinen Arten, mit Ausnahme der Kreuzungsnachkommenschaft A. veitchii x A. alba, die eine intermediäre Stellung zwischen den Elter-Arten einnimmt. Auffällig hohe Werte erreichen die schlechtwüchsige, graunadelige NK der frei abgeblühten A. concolor und die Kreuzungsnachkommenschaft A. concolor x A. grandis. Bei Verwendung des gleichen Baumes A. grandis Nr. 1 als Mutter in der reziproken Kreuzung ergibt sich mit 2,56 ein wesentlich niedrigerer, signifikant verschiedener Wert. Auffallend sind die unterschiedlichen Werte der grün- und graunadeligen NK aus der Kreuzungskombination A. concolor x A. procera. Während die grünnadeligen

mit 1,41 den niedrigsten Quotienten aller untersuchten NK aufweist, erreichen die graunadeligen mit 3,66 den dritthöchsten Quotienten innerhalb der Tannenbastarde. Da beide NK über den gleichen Trockensubstanzgehalt der Nadeln verfügen und sich in der Nadelzahl auch nicht signifikant unterscheiden, müssen als Ursache für die differierenden Quotienten unterschiedliche Ausbildungen der Triebe verantwortlich gemacht werden.
Die mittleren Quotienten der Nadeln (NQ) als Verhältnis von Nadelhöhe zu Nadelbreite variieren bei den untersuchten Tannen und Tannenbastarden in einem relativ engen Bereich von 0,25 bis 0,38. Da die Nadeln alle aus vergleichbarer Insertion entnommen wurden, ist die Standardabweichung relativ gering (max. 5,4% bei der NK 800) und die Trennschärfe des Merkmals sehr hoch (Anhang 12, 13). Bei den Kreuzungsnachkommenschaften mit A. concolor als Mutterbaum liegen die Nadelquotienten intermediär, bei der Kreuzungsnachkommenschaft A. veitchii x A. alba ist der Nadelquotient wesentlich höher als bei beiden Elterarten, die mit einem Quotienten von 0,25 relativ flache Nadeln aufweisen. Bei den beiden schlechtwüchsigen grauen NK ist auffällig, daß sie im Vergleich zu den grünen NK gleicher Kombiantionen die höheren Nadelquotienten haben.

Alle untersuchten Nadelmerkmale wurden in eine Diskriminanzanalyse einbezogen, um die Trennschärfe der Merkmale zu testen (Tab. 13). Alle NK wurden zu 100% richtig zugeordnet, d.h. mit Hilfe nadelmorphologischer Merkmale sind die Tannen und Tannenbastarde eindeutig zu trennen.

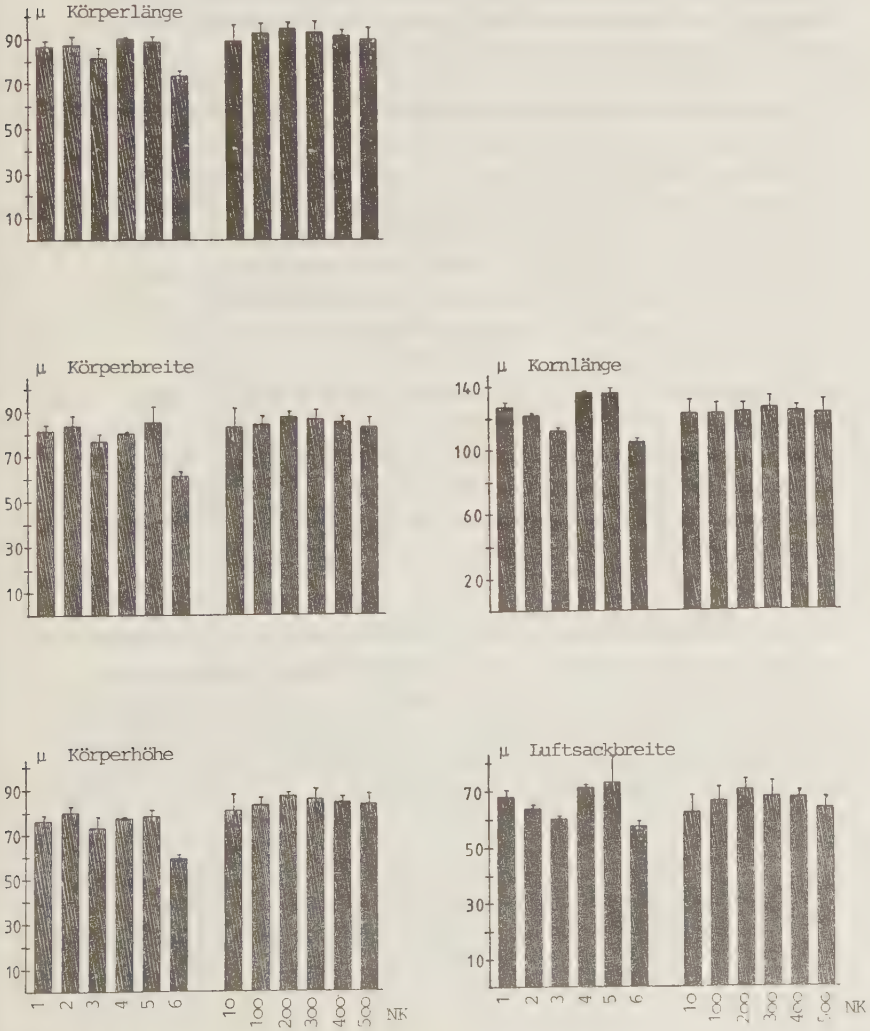
Tab 13: Zuordnung der Nachkommenschaften mit Hilfe der untersuchten Variablen (%).

	Nachkommenschaften															
Variable	1	2	3	4	5	6	10	100 grün	100 grau	200	300	400	500	800	1200 grün	1200 grau
Pigmentgehalte	88	40	67	40	80	67	50	82	80	18	27	20	71	100	-	-
Pollendimensionen	-	80	-	100	-	-	50	46	-	73	27	67	50	-	-	-
Nadelmerkmale	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pigmentsummen Pollendimensionen Nadelmerkmale	100	100	100	100	100	100	90	100	-	91	91	67	90	-	-	-

4.32 Pollen

Die Ergebnisse der Bestimmung von Pollendimensionen bei Tannenarten und -Bastarden sind in Abbildung 17 dargestellt.

Abb 17: Pollendimensionen von Tannenarten und -Bastarden



Die Bastarde haben im Vergleich zu den reinen Arten längere Pollenkörper (KL), größere Körperbreite (KB) und -höhe (KH), dagegen geringere Luftsackbreiten (LS) und Korngesamtlängen (KORNL). In allen untersuchten Merkmalen unterscheiden sich die reinen Arten deutlicher untereinander als die Tannenbastarde, besonders auffällig sind die geringen Dimensionen bei A. veitchii und A. grandis (Anhang 14). Korngesamtlänge und Luftsackbreite sind Merkmale mit hoher Trennschärfe für alle reinen Arten.
Der H-Test nach KRUSKAL-WALLIS ergibt innerhalb der reinen Arten hochsignifikante Unterschiede, innerhalb der Bastarde signifikante Unterschiede nur hinsichtlich Körperhöhe und Luftsackbreite. Der U-Test zeigt signifikante Unterschiede zwischen reinen Arten, zwischen Bastarden und Vater-Baumart, nicht jedoch zwischen Bastarden und zwischen Bastarden und Mutter-Baumart. Ausgenommen davon ist die NK A. veitchii x A. alba, die sich in Körperlänge, -breite und -höhe signifikant von A. alba und A. veitchii unterscheidet (Anhang 2). Die NK A. concolor x A. procera unterscheidet sich nur in der Körperhöhe gegenüber A. procera signifikant von ihren Elterarten.
Innerhalb der Bastarde fällt der hohe Anteil abnorm gestalteter Pollenkörner auf. Neben Zwerg- und Riesenformen finden sich Pollen mit deformierten Luftsäcken und völlig atypisch geformte, vermutlich nicht lebensfähige Pollenkörner.

Mit den Pollenmerkmalen wurde - genauso wie mit allen bisher untersuchten Variablen - eine Diskriminanzanalyse gerechnet. Die Einzelindividuen sind durchschnittlich zu 61,6% der NK richtig zugeordnet (Tab. 13, S. 53), wobei aber erhebliche Unterschiede auftreten. Die NK 4 wird zu 100%, die NK 300 dagegen nur zu 27% richtig zugeordnet.

4.4 Keimfähigkeit von Pollen

4.41 Keimfähigkeit in vitro

Die Keimprüfungsergebnisse in vitro für frische Pollen von reinen Arten und Bastarden sind in Tab. 14 zusammengefaßt. Tannenbastarde haben deutlich niedrigere Keimprozente als reine Arten, das entspricht sehr gut den Befunden der morphologischen Untersuchungen. Viele der deformierten und abnorm gestalteten Pollen sind offensichtlich nicht keimfähig.

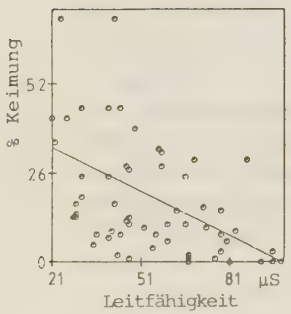
Tab 14: Mittlere Pollen-Keimprozente bei Tannenarten und -Bastarden

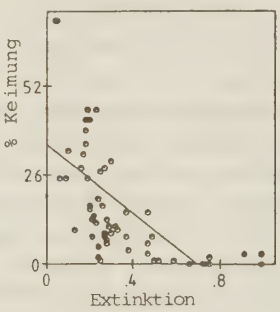
Nachkommenschaft	%-Keimung
A.concolor x A.veitchii	18,4
A.concolor x A.procera	29,1
A.veitchii x A.alba	12,o
A.concolor x A.nordmanniana	17,4
A.concolor x A.grandis 1	19,5
A.grandis 1 x A.concolor 2	1o,5
A.alba	29,o
A.concolor	34,6
A.grandis	41,3
A.nordmanniana	23,8
A.procera	67,5
A.veitchii	52,7

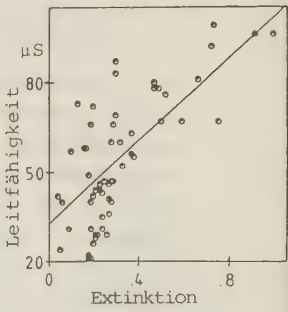
4.42 Keimfähigkeitsbestimmungen mit Schnelltests

Keimung in vitro ist mit der Leitfähigkeit bzw. Extinktion wässriger Pollenaufschwemmungen negativ korreliert (Abb. 18), die Zusammenhänge sind bei den einzelnen NK unterschiedlich straff (Tab. 15). Für die Gesamtheit der untersuchten NK ergeben sich Korrelationskoeffizienten von r = -0,53 (Keimung vs Leitfähigkeit) bzw. r = -0,64 (Keimung vs Extinktion).
Bei A. nordmanniana bestehen keine signifikanten Zusammenhänge, bei A. concolor nur zwischen Keimung in vitro und Extiktion (r = -0,89).

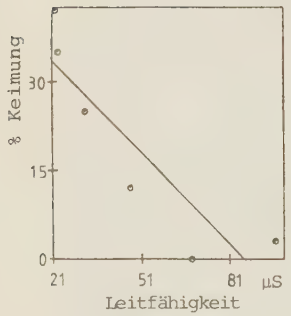
Abb 18: Zusammenhänge zwischen Keimung in vitro, Leitfähigkeit und Extinktion wässriger Aufschwemmungen von Tannen-Pollen

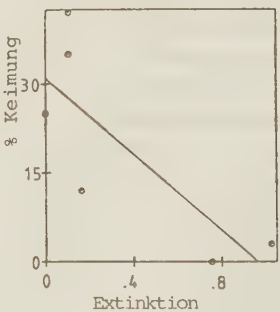


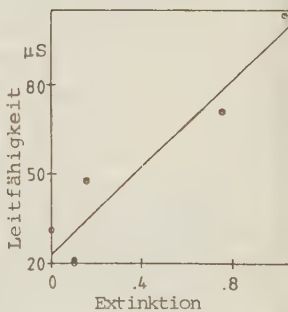




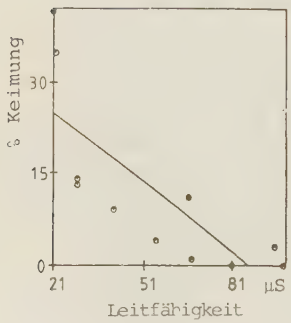
Alle Nachkommenschaften

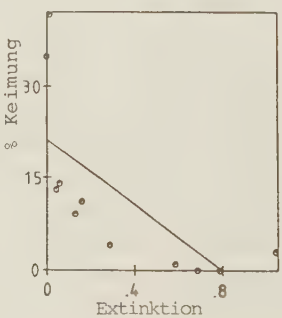


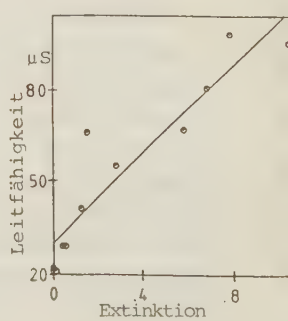




A.concolor 2 x A.grandis 1







A.veitchii x A.alba

Tab 15: Zusammenhang zwischen Methoden zur Bestimmung der Pollenkeimfähigkeit (Kennzahlen der Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten)

Nachkommenschaft	Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Abschnitt A	Steigung B	r
A.concolor	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	77,08	- 0,83	-0,56 ns
	Keimung in vitro	Extinktion	66,89	-23,23	-0,89 x
	Leitfähigkeit	Extinktion	37,90	12,77	0,73 ns
A.nordmanniana	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	52,34	- 0,40	-0,50 ns
	Keimung in vitro	Extinktion	27,61	- 1,50	-0,18 ns
	Leitfähigkeit	Extinktion	57,00	5,36	0,51 ns
A.concolor x A.procera	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	82,43	- 0,95	-0,90 xxx
	Keimung in vitro	Extinktion	56,56	-10,95	-0,78 xx
	Leitfähigkeit	Extinktion	32,00	9,71	0,73 xx
A.veitchii x A.alba	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	32,89	- 0,38	-0,78 xx
	Keimung in vitro	Extinktion	27,99	- 3,80	-0,69 xx
	Leitfähigkeit	Extinktion	10,92	10,49	0,93 xxx
A.concolor x A.nordmanniana	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	48,03	- 0,57	-0,79 xx
	Keimung in vitro	Extinktion	32,61	- 4,00	-0,71 xx
	Leitfähigkeit	Extinktion	29,68	6,36	0,82 xx
A.concolor 2 x A.grandis 1	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	43,86	- 0,52	-0,88 xx
	Keimung in vitro	Extinktion	34,26	- 3,66	-0,79 x
	Leitfähigkeit	Extinktion	16,72	7,55	0,95 xx
A.grandis 1 x A.concolor 2	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	19,24	- 0,19	-0,51 ns
	Keimung in vitro	Extinktion	18,17	- 2,89	-0,62 x
	Leitfähigkeit	Extinktion	25,45	7,39	0,61 x
alle NK	Keimung in vitro	Leitfähigkeit	42,54	- 0,43	-0,53 xxx
	Keimung in vitro	Extinktion	34,95	- 5,02	-0,64 xxx
	Leitfähigkeit	Extinktion	32,79	6,95	0,71 xxx

Für die Bastarde ergeben sich mit Ausnahme der NK A. grandis 1 x A. concolor 2 immer signifikante Zusammenhänge, wobei die Korrelation zwischen Keimung in vitro und Leitfähigkeit straffer ist als die zwischen Keimung in vitro und Extinktion.
Für die untersuchten Tannen kann festgestellt werden, daß beide Schnelltestverfahren semiquantitative Ergebnisse liefern. Bei Leitfähigkeitswerten über 80 µS (Extinktion über 0,4) kann nur mit einer geringen Keimfähigkeit gerechnet werden, bei einer Leitfähigkeit unter 25 µS (Extinktion unter 0,4) kann dagegen eine Keimfähigkeit von über 50% angenommen werden.
Da Leitfähigkeit und Extinktion relativ straff korreliert sind, genügt es in Zukunft für Schnelltests, eine der beiden Methoden anzuwenden. Hier bietet sich aus Gründen der rascheren Bearbeitung die Leitfähigkeitsmessung an.

4.5 Plusbaumauslese

Der Effekt des Luxurierens kann zunächst nur für die F_1-Generation beurteilt werden. Bei deren Nachkommen (F_2) ist mit Rückschritt zu rechnen, wie sich z.B. bei Lärchenkreuzungen gezeigt hat. Dieses Luxurieren in der F_1 kann durch vegetative Vermehrung erfolgreich konserviert und nutzbar gemacht werden.
Da die Eigenschaften von Nachkommen aus Kreuzungen hochgradig heterozygoter Elterbäume von vornherein nicht prognostiziert werden können, muß in diesen Fällen als nächster Schritt die Auslesezüchtung folgen.
Für das vorhandene Material bot sich die Einzelbaumauslese - in der Sonderform der Auslese von Klonmutterpflanzen - als geeignetes Züchtungsverfahren an. Durch Ansprache und Bewertung phänotypischer Kriterien wurden Plusbäume ausgelesen, um in Form einer Klonprüfung Erbwert und Anbauwürdigkeit zu testen.

4.51 Eigenschaften der ausgelesenen Bäume

Bei der Wertung der Ergebnisse (Abb. 19, 20) ist der Altersunterschied von einem Jahr zwischen den NK der Kreuzungen 1950 und 1951 zu vernachlässigen. Die wesentlich jüngere, erst 1958 entstandene NK 1200 muß dagegen gesondert betrachtet werden.
Die Anteile der NK an den KRAFT'schen Baumklassen sind - in Abhängigkeit von Stammzahlhaltung und Bestandesbehandlung - zwangsläufig sehr unterschiedlich. Der größte Anteil vorherrschender und herrschender Stämme (Baumklassen 1 und 2) ergibt sich bei der NK 100, der geringste bei der NK 1100. Gering mitherrschende Bäume (Baumklasse 3) sind in der NK 500 relativ häufig, in der NK 1100 entfallen 40% der Stammzahl sogar in die Klasse der beherrschten Bäume (Baumklasse 4).
Alle NK weisen sehr gute Schaftformen auf, es kommen nur zwei- und einschnürig gerade Stämme vor.
Im gegenwärtigen Entwicklungsstadium zeichnen sich die Tannen-Bastarde durch spitze und schmale bis mittelbreite Kronen aus. Die Kronen sind tief angesetzt, was zu Kronen-

Abb 19: Verteilung der Stammzahl auf die Auslesemerkmale

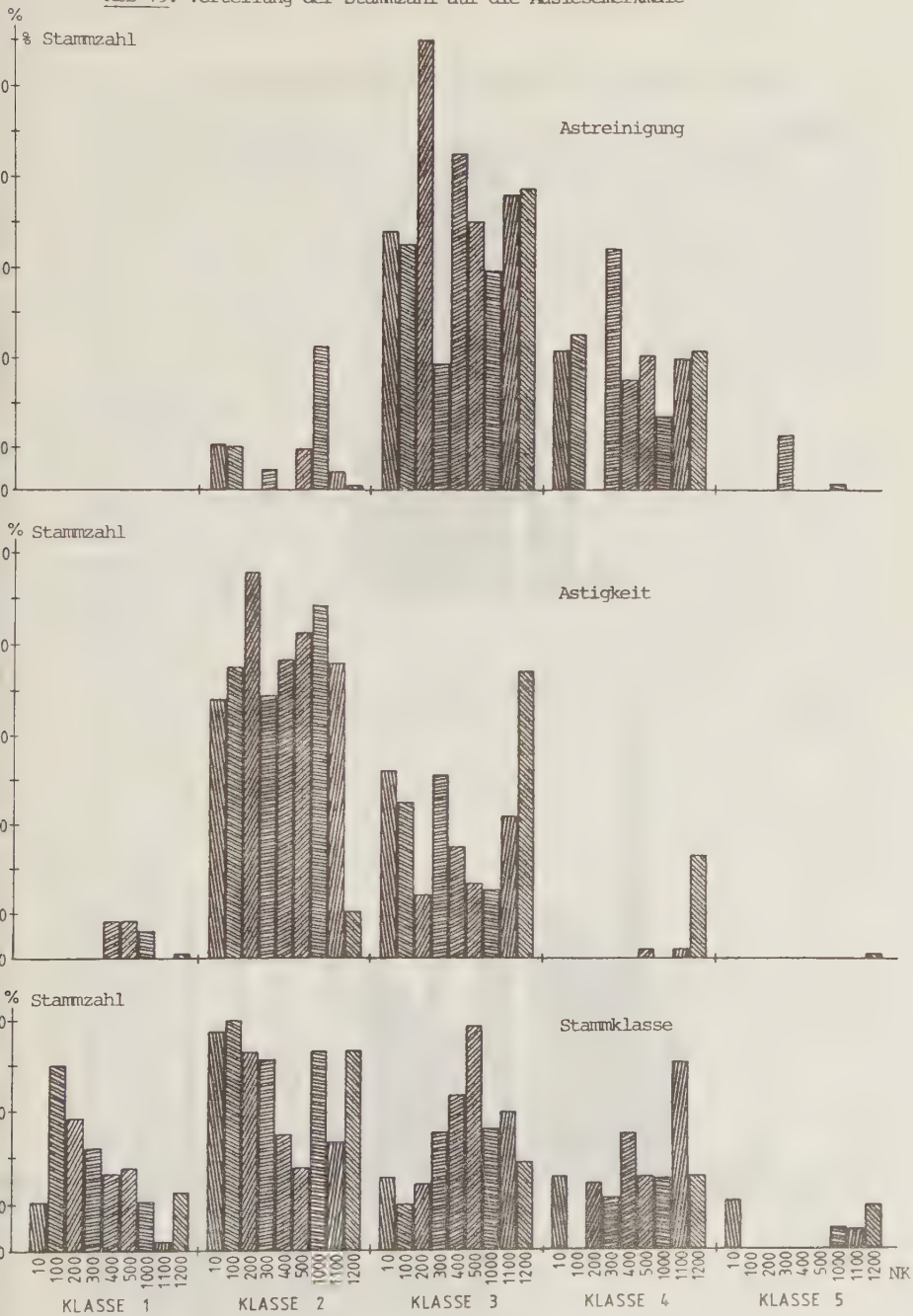
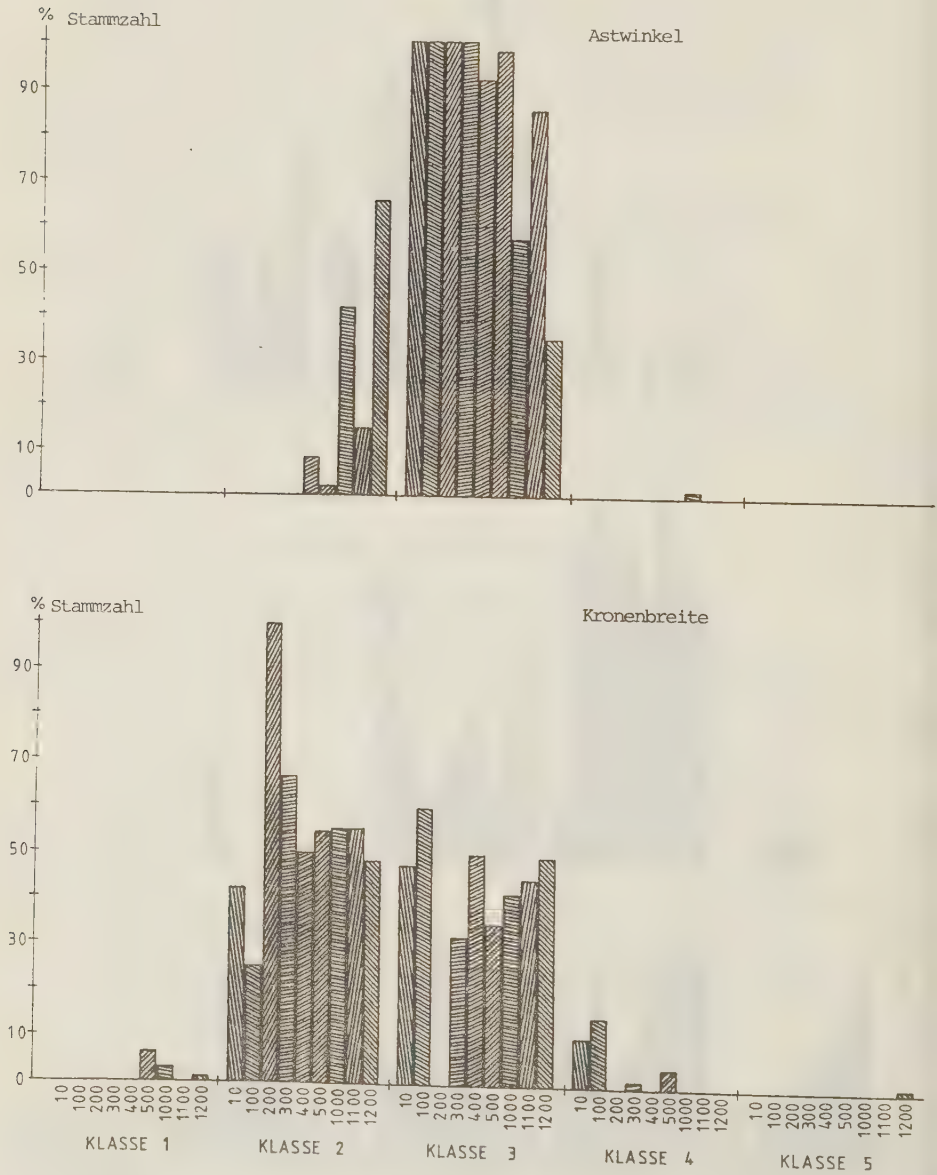
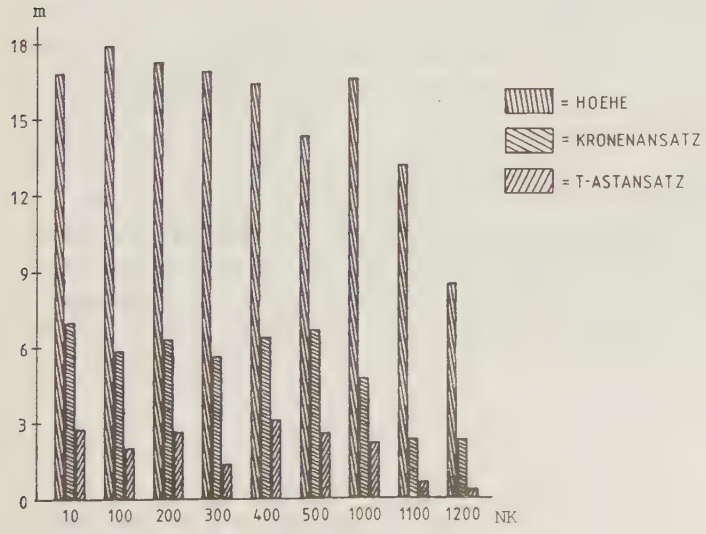


Abb 2o: Verteilung der Stammzahl auf die Auslesemerkmale



längen von 1/2 bis 2/3 Stammlänge führt (Abb. 21). Zwieselbildung ist nur bei einzelnen Bäumen der NK 500 festzustellen, alle anderen NK sind wipfelschäftig. Dieses Ergebnis ist insofern von Bedeutung, als bei einigen reinen Tannenarten - so z.B. bei der häufig in Kreuzungen verwendeten A. concolor - im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath Zwieselbildungen beobachtet werden. Da die Tannen aufgrund erblicher Veranlagung gerade und lotstrebige Stämme ausbilden, sind Umwelteinflüsse (Spätfrost, Schneebruch) i.d.R. Ursache dieser Zwieselbildung. Die Bastarde werden davon offensichtlich wenig beeinflußt.
Mit Ausnahme der NK 1200, die zur Grobastigkeit tendiert, sind die NK feinastig. Starke Äste über 20 mm Durchmesser werden nur bei Randbäumen im Erdstammbereich registriert. Die Äste sind i.d.R. waagrecht inseriert, stehen jedoch bei vielen Individuen der NK 1000 und 1200 im spitzen Winkel. Hinsichtlich der natürlichen Astreinigung ergeben sich zwischen den NK deutliche Unterschiede. Die NK 100 und 1000 reinigen sich gut, die anderen eher schlecht. Die NK 300 fällt durch zahlreiche Stämme mit schlechter Astreinigung und besonders großer Trockenastzone (Abb. 21) auf.

Abb 21: Mittelhöhe, Kronen - und Trockenastansatz von Tannen-Bastarden



4.6 Wuchsleistungskriterien

Die Höhenwuchsleistung der Tannen-Bastarde wurde bis 1965 in einjährigen Abständen aufgenommen. Damit sollten Einblicke in die Dynamik der Entwicklungsabläufe gewonnen und mögliche periodische Veränderungen im Wachstumsverhalten der einzelnen Nachkommenschaften erfaßt werden. Solche periodischen Veränderungen können vor allem durch unterschiedliche Interaktionen Genotyp x Umwelt bei den einzelnen NK hervorgerufen werden. Darüber hinaus wurden aus den Ergebnissen der ersten Lebensjahre Hinweise auf das Ausmaß des in der Jugend vermutlich besonders großen Einflusses der Umwelt auf Erscheinungsbild, Leistung und Wachstumsrhythmus erwartet. Eine kurze Aufnahmeperiodizität kann zur Beantwortung der Frage beitragen, ob die Wuchsüberlegenheit der Bastarde im Jugendalter schon als Heterosis im eigentlichen Sinn bezeichnet werden darf. Vor allem bei verschiedenen Wachstumsrhythmen der beteiligten Elter-Arten können Perioden auftreten, die Heterosis vortäuschen.
Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Anlage und Behandlung der Tannenbastard-Flächen nicht vordergründig auf die Beantwortung ertragskundlicher Fragestellungen ausgerichtet war. Aus den genannten Gründen (siehe S. 8) werden Höhen und Durchmesser als arithmetische Mittelwerte aller Bäume einer NK angegeben. Auf diese Weise konnten sämtliche bisherige Aufnahmen miteinander verglichen werden.
Im Herbst 1980 wurden die Bastarde zum ersten Mal gezielt durchforstet, um eine Standraumerweiterung, insbesondere für die NK 400 und 500, durchzuführen.

4.61 Höhen- und Stärkenentwicklung

Die Höhen und Brusthöhendurchmesser der verschiedenen NK sind in Tabelle 16 zusammengefaßt. Im Jahr 1978 wurden letztmalig alle zum Vergleich mitangebauten artreinen NK gemessen.

Tab 16: Höhen und Brusthöhendurchmesser verschiedener Tannenarten und Bastarde

NK	1957 $\bar{h}$ m	1958 $\bar{h}$ m	1959 $\bar{h}$ m	1960 $\bar{h}$ m	1961 $\bar{h}$ m	1962 $\bar{h}$ m	1963 $\bar{h}$ m	1964 $\bar{h}$ m	1965 $\bar{h}$ m	1978 $\bar{h}$ m	1978 $\bar{d}$ cm	1982 $\bar{h}$ m	1982 $\bar{d}$ cm
10	.53	.74	.99	1.29	1.53	2.04	2.92	3.53	4.30	12.8	17.3	16.8	21.3
100	.68	.93	1.30	1.65	2.17	2.62	3.15	3.78	4.43	14.1	20.2	17.9	25.2
200	.51	.74	.96	1.18	1.56	2.05	2.62	3.33	3.99	13.6	16.7	17.3	20.6
300	.60	.83	1.19	1.43	1.85	2.45	3.15	3.89	4.61	13.5	18.5	16.9	22.1
800	.33	.42	.58	.61	.71	.79	.93	1.18	1.51	6.4	6.9		
Reife 1950													
1	.33	.41	.48	.54	.61	.68	.76	.90	1.03	6.2	6.1		
2	.35	.45	.58	.73	.97	1.26	1.70	1.98	2.47	7.2	7.8		
4	.29	.37	.46	.56	.65	.80	1.00	1.22	1.42	6.1	6.5		
5	.23	.30	.38	.45	.56	.65	.73	.89	1.07	3.8	5.8		
6	.27	.39	.51	.56	.77	1.00	1.31	1.59	2.09	8.7	9.3		
400	.41	.56	.86	1.22	1.65	**2.27**	**2.55**	3.04	3.55	12.0	15.1	16.4	19.4
500	.40	.57	.83	1.17	1.54	2.07	2.27	2.61	2.95	9.6	11.1	14.3	13.4
2	.22	.32	.47	.66	.85	1.04	1.41	1.65	1.92	4.8	5.1		
3	.42	.50	.83	1.07	1.48	2.02	2.21	2.50	2.93	10.4	10.0	14.2	15.1
1000								3.70				16.6	19.6
1100												13.2	16.0
Reife 1951													

Mit Ausnahme von A. grandis sind sie infolge des überlegenen Wachstums der Tannenbastarde so weit in den Zwischen- bzw. Unterstand abgesunken, daß durch weitere Beobachtung keine vergleichbaren Aussagen mehr möglich sind.

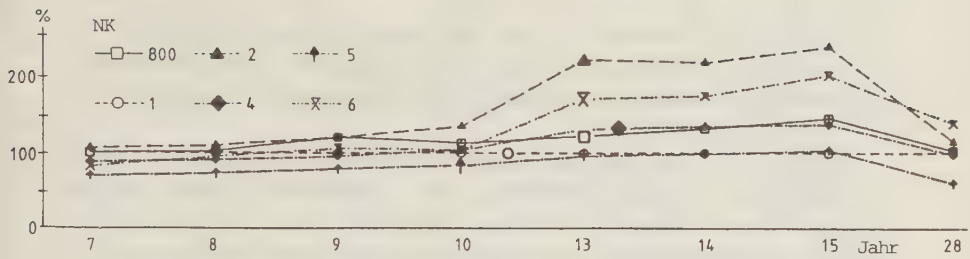
Die Höhenentwicklung bis zum Jahre 1960 zeigt eine frühzeitige Überlegenheit der gutwüchsigen Tannen-Bastarde, nur die reine A. grandis (NK 3) erreicht vergleichbare Höhen. Die absoluten Höhen bis zum Jahre 1965 weisen darauf hin, daß alle Tannen-Nachkommenschaften bis zum Alter von 13 bzw. 14 Jahren ein relativ verhaltenes Wachstum zeigen, wie es für die Gattung Abies allgemein typisch ist.

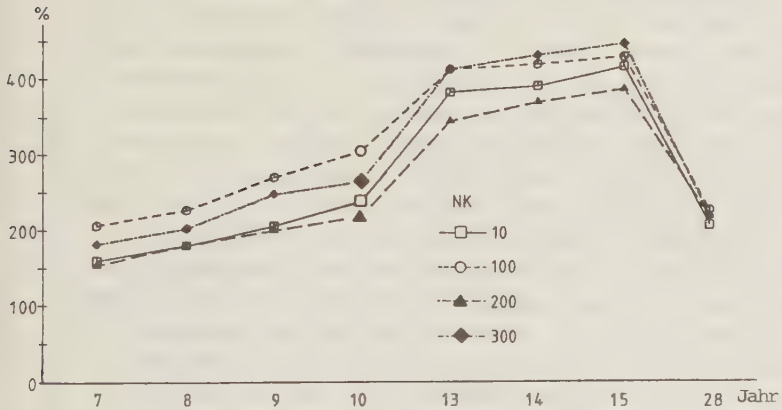
Im Jahr 1978 hat die NK 100 mit 14 Metern die größte Höhe erreicht. Die Differenzierung innerhalb der wüchsigen Bastarde

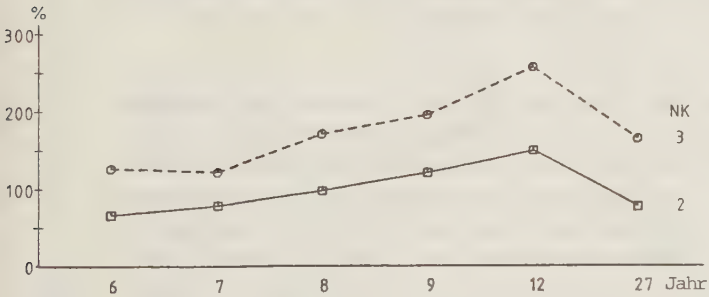
ist nicht groß. Erhebliche Unterschiede bestehen zur schlechtwüchsigen NK 800 und zu den reinen Tannenarten, von denen A. grandis im Höhenwachstum mithält und die NK 500 sogar übertrifft. Beim Stärkenwachstum nimmt ebenfalls die NK 100 mit 20 cm BHD den Spitzenplatz ein. Hier ergeben sich deutlichere Unterschiede zwischen den wüchsigen Tannenkreuzungsnachkommenschaften als bei der Höhenwuchsleistung.
1982 ist die Reihenfolge ganz ähnlich. Die NK 100 liegt mit 17,9 m Höhe und 25 cm BHD an der Spitze. Die Unterschiede zwischen den Bastarden der Kreuzungen von 1950 bzgl. des Höhenwachstums haben sich vermindert, in der Durchmesserentwicklung sind sie in etwa gleich geblieben. Infolge der zwischenzeitlich durchgeführten Durchforstung hat sich bei den NK der Kreuzungen von 1951 deren Höhen- und Durchmesserentwicklung wesentlich verbessert. Die NK 500 übertrifft nun A. grandis im Höhenzuwachs geringfügig, liegt in der Durchmesserentwicklung aber noch unter deren Werten. Die NK 400 erreicht nahezu gleiche Höhe und Stärke wie die NK der Kreuzungen von 1950.
Der Höhenvorsprung der Hybriden gegenüber A. alba (Abb. 22) variiert bis zum Alter 7 erheblich. Die NK 400 und 500 übertreffen die Mittelhöhe von A. alba nur um 15% (Anhang 15), die NK 100 dagegen um 106%. Die Überlegenheit der Tannen-Bastarde steigt bis zum Alter 15 weiter an und erreicht ein Maximum bei der NK 10 mit 281%. Mit Ausnahme von A. procera sind auch die reinen Tannenarten im Höhenwuchs der Weißtanne mehr oder weniger überlegen, am deutlichsten erwartungsgemäß A. grandis. Für den Altersabschnitt 16 bis 28 Jahre verringert sich der Höhenvorsprung der Tannenbastarde gegenüber A. alba.

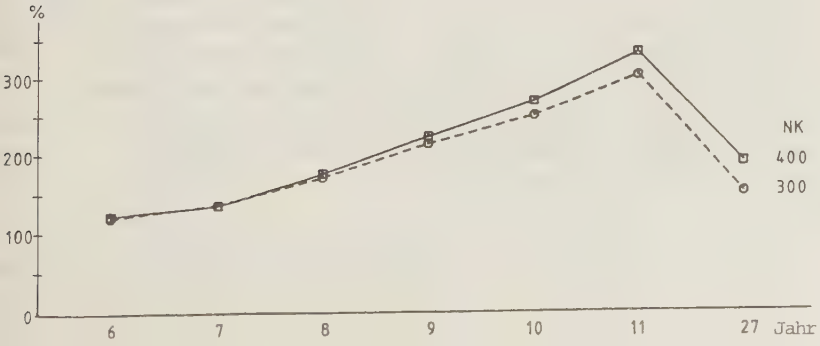
Die NK 10, 100, 200 und 300 bleiben jedoch mit über 100% überlegen, die NK 400 mit 87% und die NK 500 immer noch mit 50%. Die Überlegenheit im Höhenwachstum der anderen Tannenarten über A. alba verändert sich merklich.

Abb 22: Trend der Mittelhöhe (A.alba = 100%)





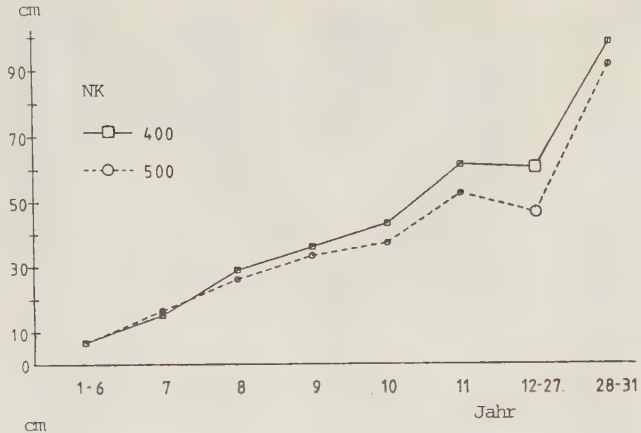


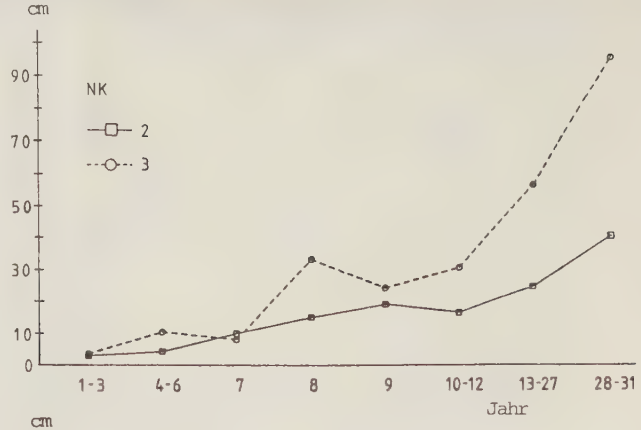


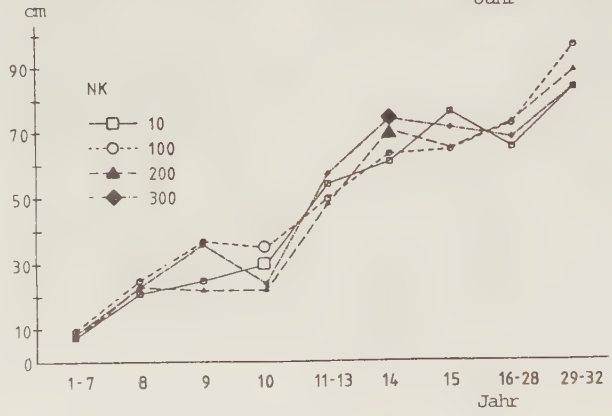
Nur noch A. concolor, A. veitchii und A. grandis sind im Höhenwachstum während dieser Altersphase der Weißtanne überlegen, A. nordmanniana dagegen geringfügig und A. procera deutlich unterlegen.
Die Darstellung der periodisch jährlichen Zunahme der Mittelhöhe (Abb. 23) läßt erkennen, daß die wüchsigen Tannenbastarde während der ganzen bisherigen Beobachtungszeit in der laufenden Höhenzunahme den reinen Arten deutlich überlegen sind. Bereits bis zum Alter 7 Jahre ist diese Überlegenheit ausgeprägt, die höchsten jährlichen Zunahmen der Mittelhöhe werden jedoch erst in der Altersphase 29 - 32 Jahre erreicht, maximal 102 cm bei der NK 100 (Anhang 16). Bezieht man die periodischen Höhenzuwachsraten auf A. alba und setzt deren Werte gleich 100% an (Abb. 24), so wird folgendes deutlich: Die Bastarde sind von Anfang bis zum Alter 15 Jahre weit überlegen. Die relative Überlegenheit verringert sich zwar in der Altersphase 16 - 28 Jahre, beträgt aber dennoch für die gutwüchsigen Kreuzungsnachkommenschaften bis zu 110% gegenüber A. alba (Anhang 17). Die reinen Arten sind der Weißtanne bis zum Alter 15 Jahre überlegen. In der Altersphase 16 - 28 Jahre wächst A. alba immerhin 40 cm pro Jahr und übertrifft damit die anderen Arten, ausgenommen A. grandis und A. veitchii.

Bisher sind für die Tannen-Bastarde erst zu zwei Terminen Durchmessermessungen durchgeführt worden. Daraus sind die periodisch-jährlichen Durchmesserzunahmen für die Altersperioden 1 - 28 Jahre und 29 - 32 Jahre errechnet worden (Tab. 17). Es zeigt sich auch hier eine deutliche Überlegenheit der wüchsigen Tannen-Bastarde über die reinen Arten. Im Alter 1 - 28 Jahre ist die größte mittlere Durchmesserzunahme pro Jahr bei der NK 100 mit 0,72 cm festzustellen. Innerhalb der luxurierenden Bastarde gibt es eine Differenzierung dahingehend, daß die NK 500 mit 0,41 cm die geringste Durchmesserzunahme hat. Deutlich abgesetzt davon sind die reinen Arten, bei denen A. grandis mit 0,37 cm noch die höchste Durchmesserzunahme erreicht.

Abb 23: Periodisch-jährliche Zunahme der Mittelhöhe (cm/Jahr)







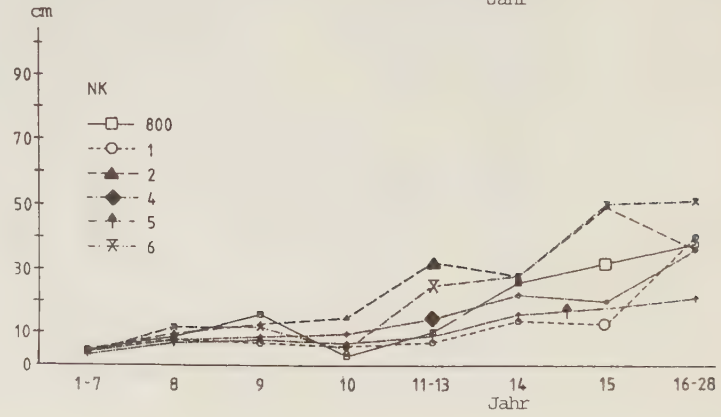
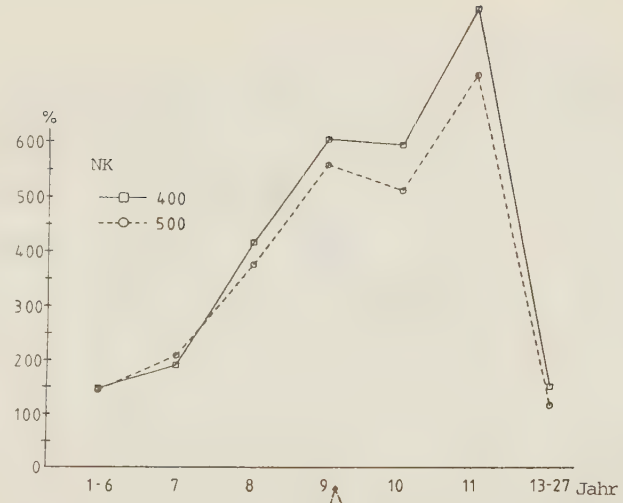
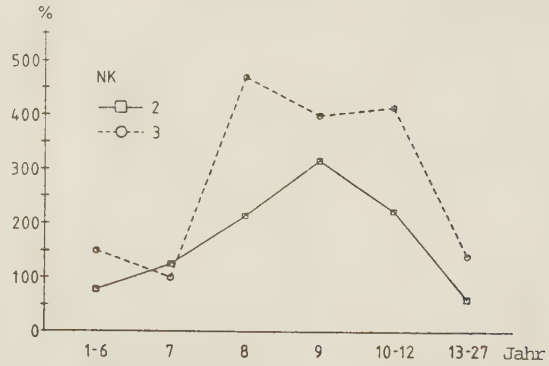
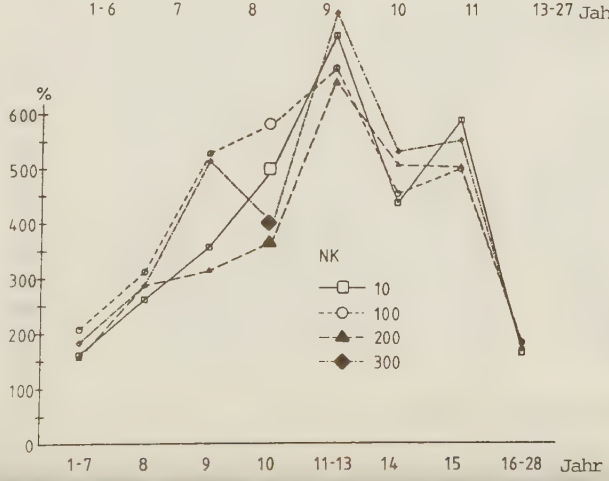
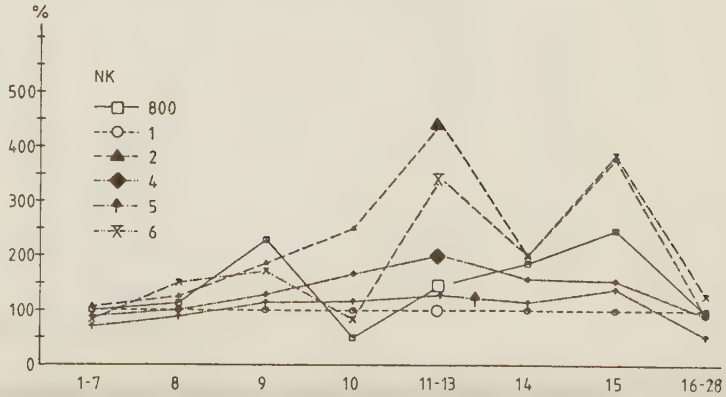


Abb 24: Trend des periodisch-jährlichen Höhenzuwachses
(A.alba = 100%)









Tab 17: Periodische Durchmesserzunahme (cm/Jahr)

NK	mittlere Durchmesserzunahme im Alter		
	1 - 28	29 - 32	1 - 32
1o	.6164	.7421	.6661
1oo	.7224	1.16oo	.7875
2oo	.5958	.7786	.6429
3oo	.6594	.8829	.6915
8oo	.2464	-	-
1	.2179	-	-
2	.2786	-	-
4	.2321	-	-
5	.2o71	-	-
6	.3321	-	-

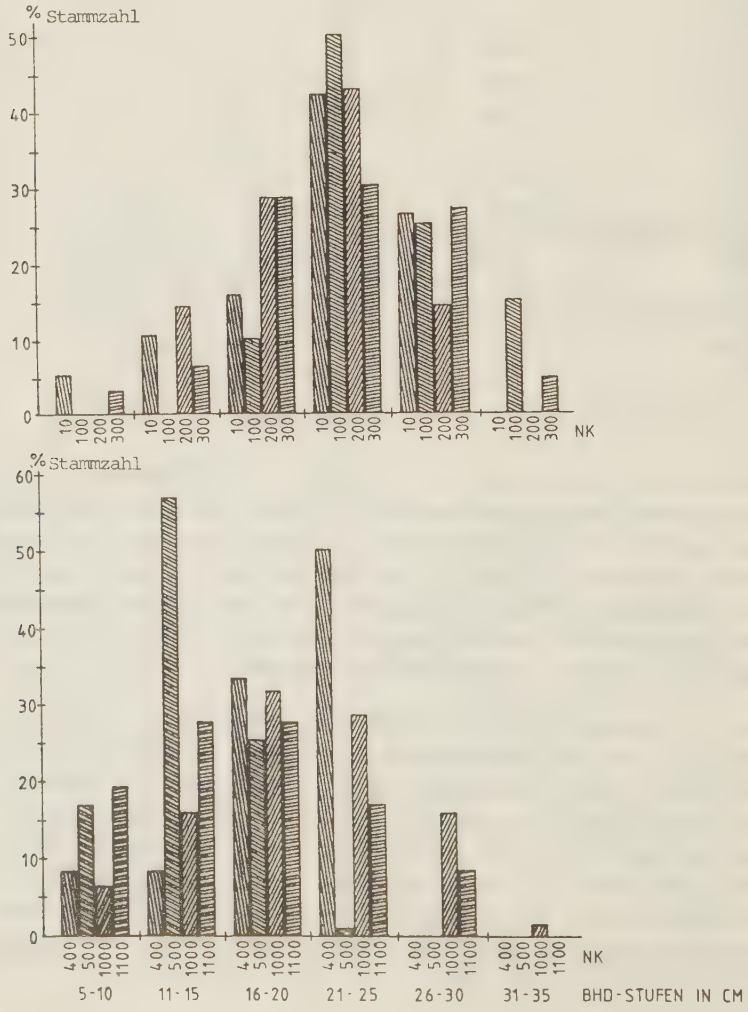
NK	mittlere Durchmesserzunahme im Alter		
	1 - 27	28 - 31	1 - 31
4oo	.56o1	.7792	.6o76
5oo	.41o5	.3668	.4177
3	.37o4	1.275o	.4719

Für den Altersabschnitt 29 - 32 Jahre ist bei den Tannen-Bastarden eine Zunahme der Durchmesserwuchsleistung festzustellen, den Spitzenwert erzielt die NK 100 mit 1,16 cm pro Jahr. Im Gegensatz dazu leistet die NK 500 mit o,37 cm pro Jahr weniger Zuwachs als in der vorhergehenden Altersperiode. Von den reinen Arten wurde 1982 nur noch A. grandis gemessen, die mit 1,28 cm Durchmesserzunahme den höchsten Wert aller NK erreicht.

Für die Gesamtheit der registrierten Stämme wurde deren Verteilung auf 5-cm-Durchmesserstufen in Prozent der Gesamtstammzahl errechnet und in Abbildung 25 dargestellt. Danach unterscheiden sich die NK von 1950 und 1951 ziemlich deutlich voneinander. Während die NK 10, 100, 200 und 300 - sehr einheitlich für alle NK - ein Maximum in der Stärkestufe 21 - 25 cm liefern und in der Stärkestufe 26 - 3o cm noch Anteile von mehr als 15% besitzen, zeigen die NK 400, 500, 1000 und 1100 davon z.T. stark abweichende

Verteilungen. Zwar erreicht die NK 400 in der Stärkestufe 21 - 25 cm noch einen Anteil von 50% ihrer Stammzahl, fällt jedoch in der nächsten Stärkestufe 26 - 30 cm aus. Die NK 500, 1000 und 1100 haben insgesamt sehr viel weniger starke Stämme hervorgebracht als die anderen NK.

Abb 25: Verteilung der Gesamtstammzahl auf Stärkestufen



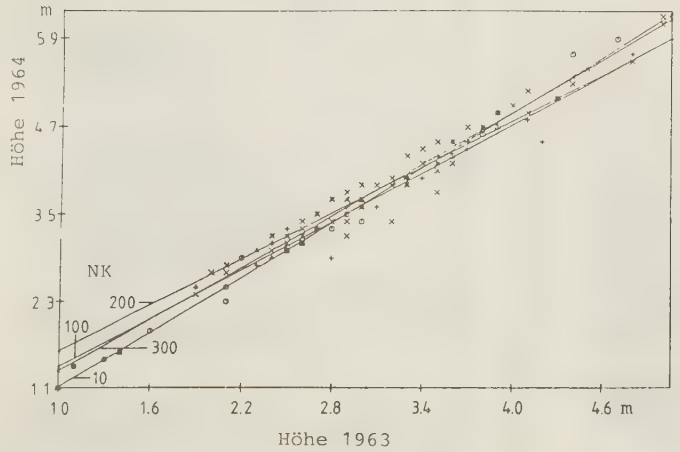
4.62 Zusammenhang zwischen Höhen verschiedener Altersphasen

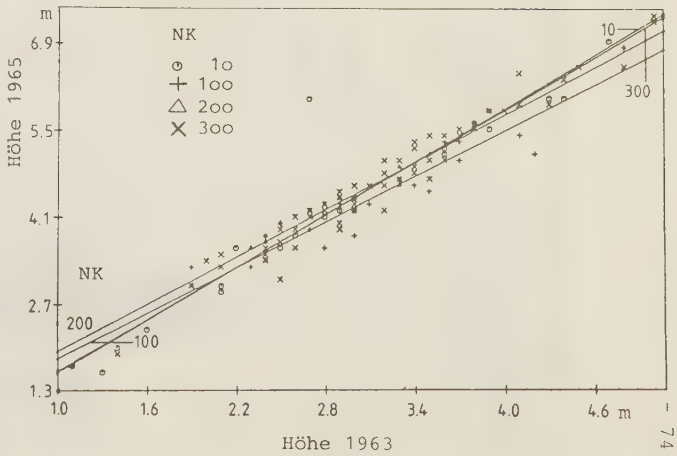
Für die Ausarbeitung von Anbauempfehlungen ist die zuverlässige Erfassung von Nachkommensschaftsunterschieden hinsichtlich der Wuchsleistung in einem möglichst frühen Entwicklungsstadium von ausschlaggebender Bedeutung. Da das Höhenwachstum bereits in früher Jugend quantitativ sehr gut erfaßbar ist, wurde geprüft, wie eng die Beziehung zwischen Höhen in verschiedenen Altern während der Jungwuchsphase ist (Abb. 26). Für den Zusammenhang zwischen der Höhe 1963 und den Höhen von vier folgenden Aufnahmejahren sind die in Tabelle 18 angegebenen Regressionen und Korrelationskoeffizienten maßgebend. Die Zusammenhänge werden mit zunehmendem zeitlichen Abstand zwischen den Höhenmessungen weniger straff, dennoch ist - nachkommenschaftsweise unterschiedlich - die Korrelation zwischen Höhe 1963 und Höhe 1982 relativ eng. Die lineare Beziehung zwischen der Pflanzengröße einzelner Klone der NK im Alter 13 Jahre und ihren durchschnittlichen Höhen im Alter 14, 15, 28 und 32 Jahre erlaubt, mit hoher Wahrscheinlichkeit von der Höhe nach Sicherung der Kultur auf die Höhenentwicklung während des Jungwuchsstadiums zu schließen.

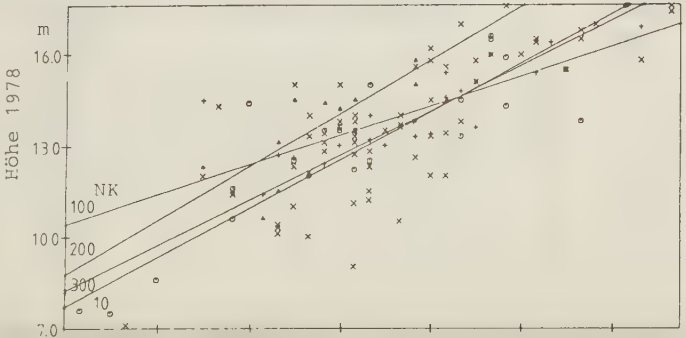
Tab 18: Zusammenhang zwischen Höhen in verschiedenen Altern
(Kennzahlen der Regressionsgeraden und Korrelationskoeffizienten)

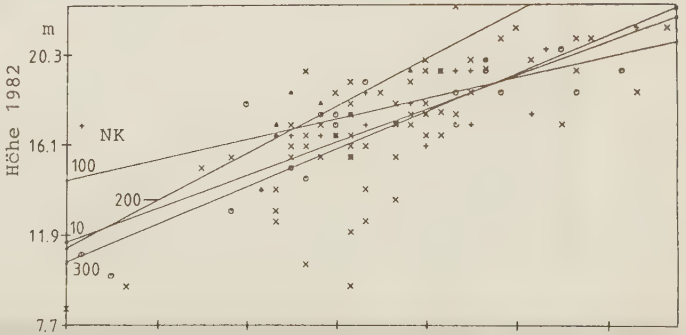
NK	Unabhängige Variable	Abhängige Variable	Abschnitt A	Steigung B	r
10	Höhe 1963	Höhe 1964	.14	1.26	.99 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1965	.18	1.41	.99 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1978	5.05	2.67	.87 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1982	9.00	2.56	.86 xxx
100	Höhe 1963	Höhe 1964	.29	1.11	.98 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1965	.61	1.21	.96 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1978	8.80	1.62	.78 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1982	12.86	1.58	.70 xxx
200	Höhe 1963	Höhe 1964	.57	1.05	.97 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1965	.68	1.26	.96 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1978	5.84	2.93	.79 xx
	Höhe 1963	Höhe 1982	7.64	3.65	.74 x
300	Höhe 1963	Höhe 1964	.15	1.19	.98 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1965	.23	1.39	.98 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1978	5.77	2.46	.79 xxx
	Höhe 1963	Höhe 1982	7.72	2.90	.73 xxx

Abb 26: Abhängigkeit der Höhen im Jahr 1964, 1965, 1978, 1982 von der Pflanzenhöhe im Jahr 1963









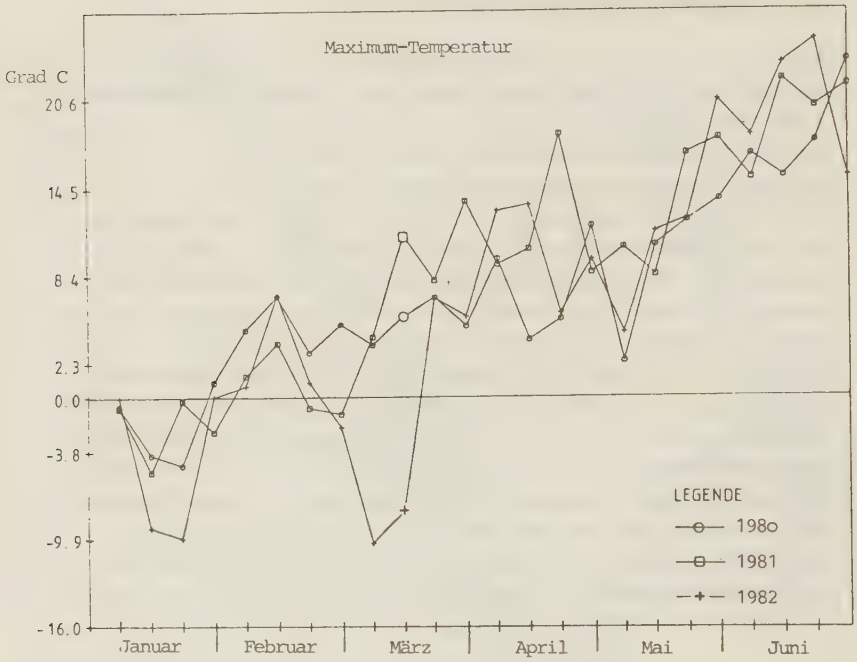
4.7 Phänologische Beobachtungen

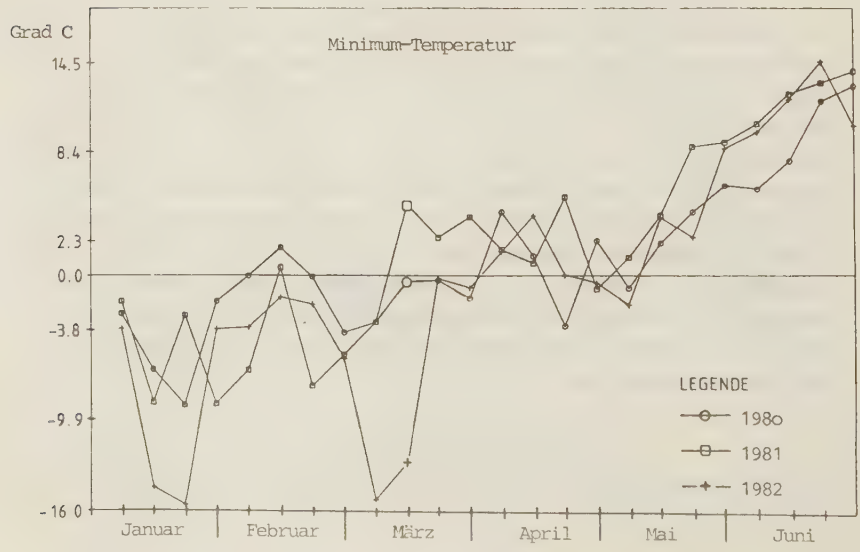
Während der Beobachtungsjahre wurden Lufttemperaturmessungen durchgeführt. Aus den Einzeldaten sind Tagesmitteltemperaturen nach der Formel $\frac{1}{4}$ (7^h + 14^h + 2 x 21^h) berechnet und zu Jahresgängen zusammengefaßt worden (Anhang 18).
Im Vergleich zum langjährigen Mittel ergibt sich für den Forstlichen Versuchsgarten Grafrath, daß 1980 der Temperaturverlauf im Frühjahr zwar annähernd normal war, aber bereits im Juli die Tagesmitteltemperatur unter die 6°C Isotherme absank und bis in den August hinein eine ausgesprochen kühle Witterung herrschte. Das Jahr 1981 zeichnete sich durch ein sehr frühes Frühjahr mit hohen Tagesmittelwerten bereits zu Anfang März aus. 1982 war dagegen durch eher kühle Frühjahrstemperaturen mit einem Kälteeinbruch in der ersten Märzhälfte gekennzeichnet.
In jedem Beobachtungsjahr trat in der Zeit Ende April/Anfang Mai eine Frostperiode ein (Abb. 27). Im Jahr 1981 führte dies in Zusammenwirkung mit den vorausgegangenen hohen März- und Apriltemperaturen zu einem empfindlichen Spätfrostschaden an allen frühtreibenden Pflanzen.

4.71 Austrieb einzelner Knospen

Die getrennte Beobachtung von Austrieb der Gipfelknospe und Seitenknospen am obersten Wirtel ergab, daß zwischen Individuen eines Klones keine Unterschiede im Austriebsverhalten bestehen.
Im Jahr 1980 dauerte es bei den Tannen-Bastarden vom Beobachtungsbeginn an rund 2o Tage, bis die Knospenzustände Z 1 und Z 2 erreicht waren (Abb. 28). Die nächste Entwicklungsstufe - das Aufbrechen der Seitenknospen (Z 3) - folgte erst mit deutlichem zeitlichen Abstand. Unmittelbar danach setzte allerdings die Nadel- und Triebentfaltung (Z 4, Z 5) ein, so daß die phänologische Entwicklung der Seitenknospen in wenigen Tagen abgeschlossen war.

Abb 27: Wöchentliche Mittelwerte der Tagesmaximum und -minimum-Temperatur





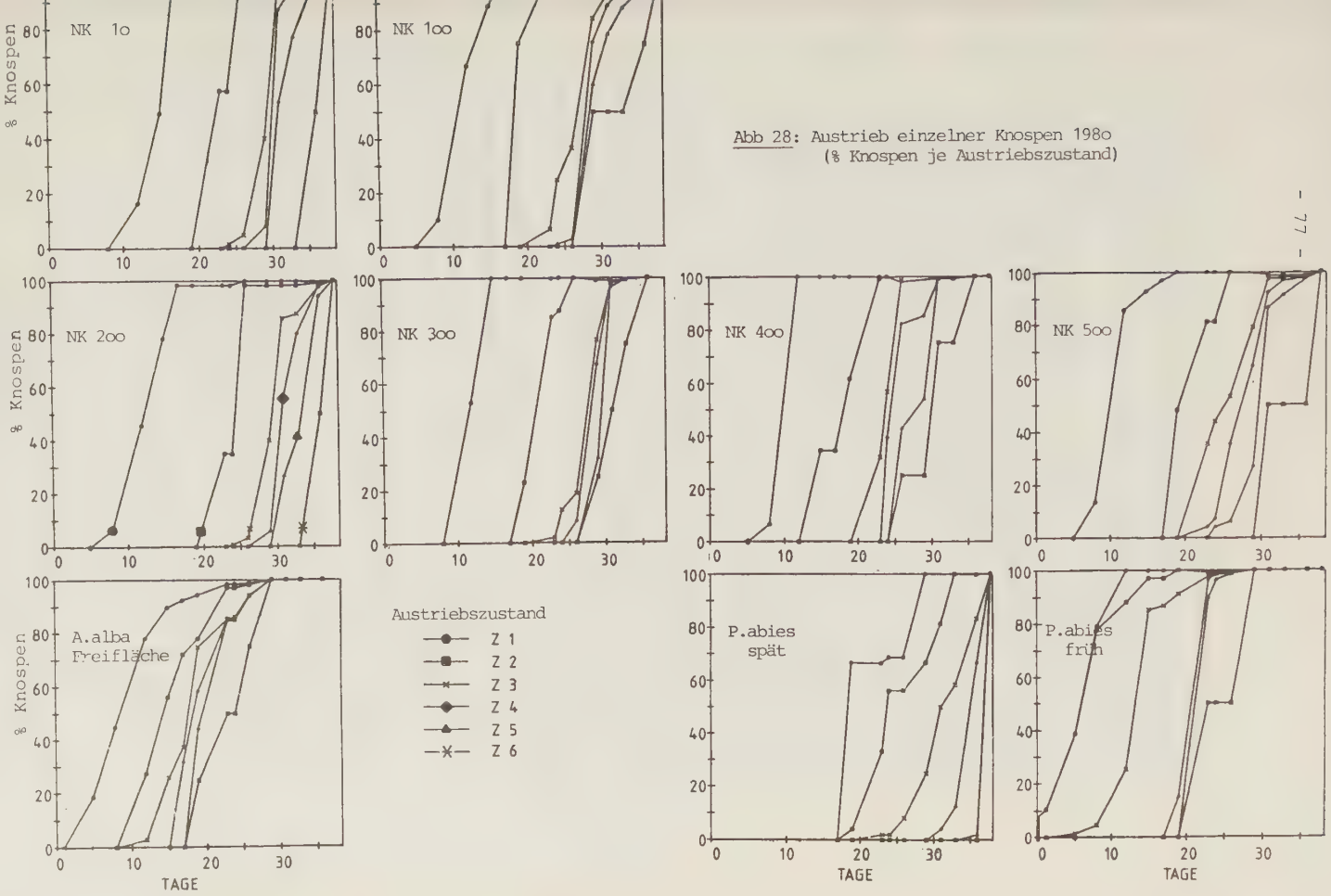


Abb 28: Austrieb einzelner Knospen 1980
(% Knospen je Austriebszustand)

Bei allen NK trieb die Gipfelknospe erst dann aus, wenn die Seitentriebe bereits voll entfaltet waren, also mit einer Verzögerung von rund 10 Tagen.
Die NK 400 tendiert zu früherem Austrieb als die anderen Tannen-Bastarde. Ab dem 25. Tag waren Knospen aller Austriebsphasen zu beobachten. Während die NK 10, 200 und 300 einheitlich und spät mit dem Austrieb der Gipfelknospe begannen, sind die NK 100, 400 und 500 inhomogener. Sie enthalten einzelne Klone, die eine Woche vor den anderen ausgetrieben hatten.
Bei den spättreibenden Fichten dauerte es sehr lange, bis alle Knospen die Phasen Z 1 bis Z 4 durchlaufen hatten. Im Unterschied zu allen anderen NK drängten sich die Knospenzustände Z 3 und Z 4 nicht auf ganz wenige Tage zusammen. Der Austrieb der Gipfelknospe erfolgte analog zu dem der Tannen-Bastarde.
Die frühtreibenden Fichten zeigten das erwartete Austreibverhalten. Sie waren bereits am ersten Tag mit etwa 10% aller Knospen in Z 2 und erreichten am 20. Tag bei einigen Pflanzen Z 6. Sie durchliefen die ganze phänologische Entwicklung in wesentlich kürzerer Zeit als die anderen beobachteten Nachkommenschaften.
Die Weißtanne auf der Freifläche erreichte nach kurzer Beobachtungsdauer Z 1, eine Woche später Z 2 und schloß dann innerhalb von wenigen Tagen mit dem Austrieb aller Gipfelknospen die phänologische Entwicklung ab.

Das Jahr 1981 ermöglichte durch den grundsätzlich anderen Verlauf der Frühjahrstemperaturen interessante Vergleiche im phänologischen Verhalten der beobachteten Nachkommenschaften und eine gute Charakterisierung der Tannen-Bastarde (Abb. 29). Letztere reagierten auf die höheren Temperaturen sehr zögernd und erreichten bis zum 30. Beobachtungstag durchschnittlich mit 50% der Knospen nur Z 2. Ab dem 35. Beobachtungstag setzte die phänologische Entwicklung dann allerdings rasant ein und war innerhalb der nächsten 10 Tage abgeschlossen. Der Austrieb

der Gipfelknospen vollzog sich bei allen Bastarden zwischen dem 30. und dem 45. Tag, ohne daß es zu einer Differenzierung wie im Jahre 1980 kam.
Die spättreibenden Fichten reagierten wiederum ganz ähnlich wie die Bastarde.
Ganz typisch war das Verhalten der frühtreibenden Fichten. Bei einzelnen Individuen hatte bereits am 11. Tag die Gipfelknospe ausgetrieben. Zwischen dem 10. und dem 25. Tag, während der Spätfrostperiode, verlief die Entwicklung zwar langsamer, aber dennoch war die phänologische Entwicklung aller Pflanzen am 32. Tag abgeschlossen. Diejenigen, die bereits am 11. Tag Z 6 erreicht hatten, wurden durch den Spätfrost so schwer geschädigt, daß sämtliche Knospen erfroren.
Im Vergleich zu den Bastarden war die Reaktion der Weißtanne auf der Freifläche verzögert, Z 1 wurde bei den ersten Pflanzen am 27. Tag erreicht. Die weiteren Austriebsphasen liefen deutlich zeitversetzt ab, der Austrieb der Gipfelknospe wurde erst am 54. Tag bei allen Pflanzen erreicht.
Die Weißtanne unter Schirm reagierte wesentlich früher mit dem Einsetzen ihrer Knospenentwicklung und hatte am 35. Tag die Seitentriebe voll entfaltet. Dann setzte der Austrieb der Gipfelknospe ein, der am 45. Tag von allen Pflanzen erreicht wurde.

1982 setzte die Beobachtung zu einem Zeitpunkt ein, als alle NK die Winterruhe schon beendet hatten.
Die Bastarde und spättreibenden Fichten zeigten das gewohnte Bild der vorhergehenden Jahre (Abb. 30). Z 1 und Z 2 wurden in relativ langsamer, aber stetiger Entwicklung durchlaufen. Ab Z 3 erfolgte die weitere phänologische Entwicklung in sehr kurzer Zeit.
Die frühtreibenden Fichten hatten zu Beobachtungsbeginn zu 90% Z 1 erreicht, brauchten dann eine vergleichsweise lange Zeit, um Z 2 und Z 3 zu durchlaufen, entwickelten sich darauf sehr rasch und erreichten zu 80% am 25. Tag Z 6. Zwei Pflanzen

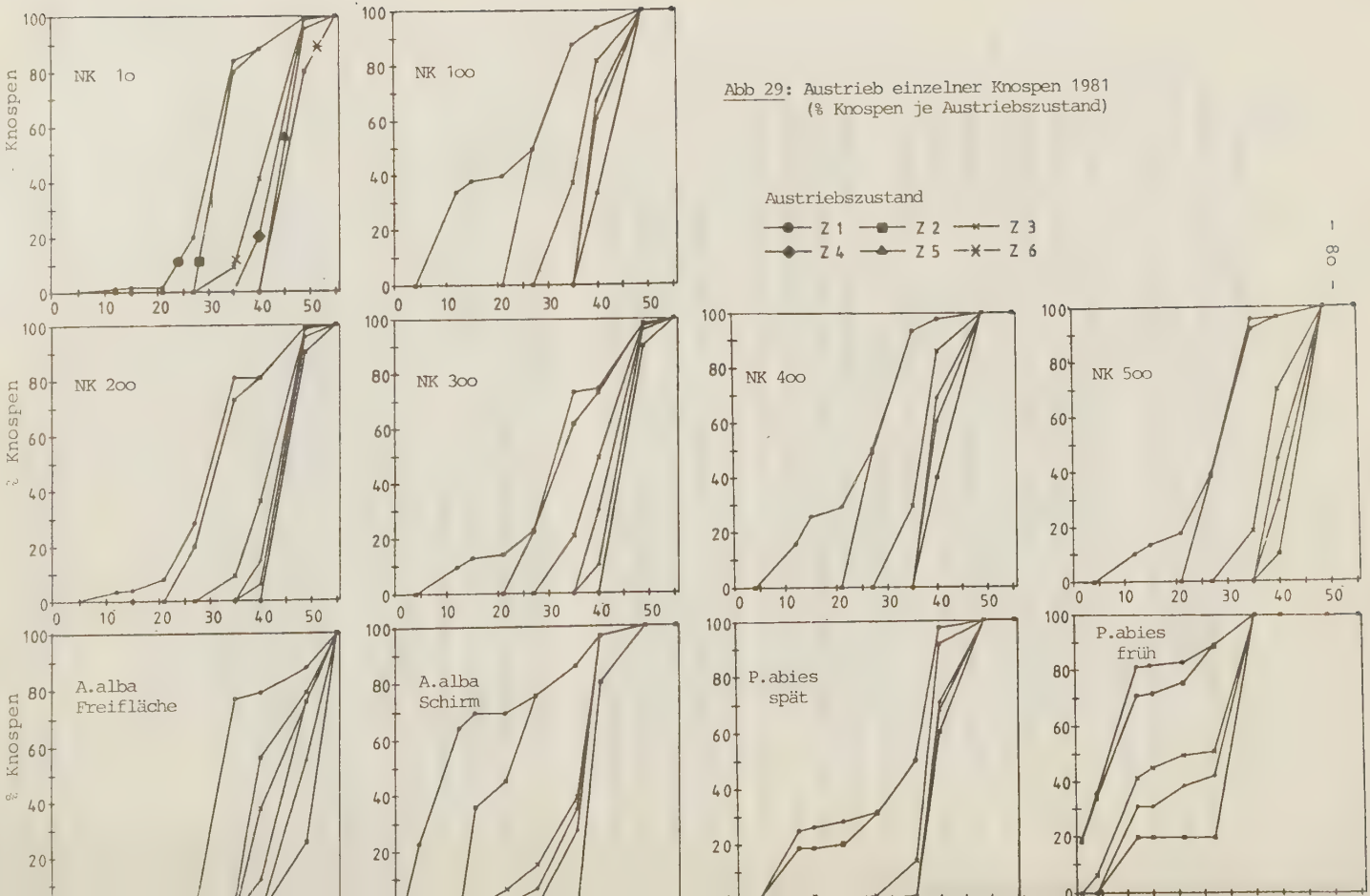


Abb 29: Austrieb einzelner Knospen 1981
(% Knospen je Austriebszustand)

benötigten zum Austrieb der Gipfelknospe weitere 7 Tage und zeigten damit für frühtreibende Fichten ein atypisches Verhalten. Letzteres klärte sich jedoch kurze Zeit später auf, als beide Pflanzen infolge Wühlmausfraß abstarben.
A. alba im Freiland entwickelte sich rascher als die Bastarde und erreichte Z 6 bereits nach 17 Beobachtungstagen.
A. alba unter Schirm hatte zu Beobachtungsbeginn zu über 90% bereits Z 1 erreicht, durchlief Z 2 rasch, entwickelte sich ab Z 3 bis zum Erreichen von Z 6 aber langsamer als A. alba im Freiland. Z 6 wurde erst am 21. Tag von allen Pflanzen erreicht.

4.72 Austriebsverhalten ganzer Pflanzen

Die Beobachtung des Austriebsverhaltens ganzer Pflanzen ermöglicht eine deutliche Differenzierung von Tannen-Bastarden und Vergleichsbaumarten (Abb. 31). Die Austriebsphase 1 wurde von frühtreibenden Fichten und A. alba unter Schirm immer zuerst, von Tannen-Bastarden um 4 - 5 Tage, 1981 sogar um 3 Wochen später erreicht.

Die phänologischen Phasen 2, 3 und 4 setzten sich deutlich von 1 ab. Das bedeutet, alle NK brauchten relativ lange, um vom angetriebenen in den stark angetriebenen Zustand zu gelangen. Dieses Verhalten schützt vor Spätfrostschäden. Es ist bei der NK unterschiedlich ausgeprägt und vom Temperaturverlauf in den einzelnen Jahren abhängig. Die zeitliche Reihenfolge, in der die NK die Austriebsphasen 2, 3, 4 erreichten, blieb in den einzelnen Jahren im wesentlichen gleich. Austriebsphase 1 hatte für diese Reihenfolge noch keine Bedeutung, die NK entwickelten sich nach dem Antreiben unterschiedlich weiter.
Innerhalb der Bastarde gab es eine geringe Differenzierung dahingehend, daß die NK 300, 400 und 500 etwas früher ausgetrieben hatten als die übrigen.

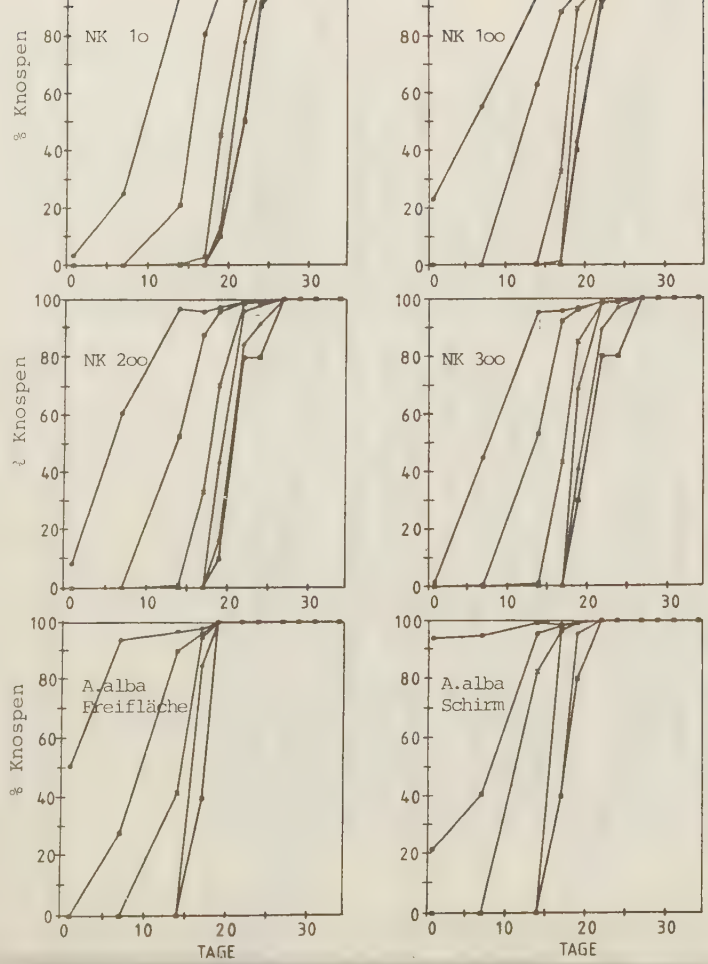


Abb 3o: Austrieb einzelner Knospen 1982
(% Knospen je Austriebszustand)

Austriebszustand

Z 1 Z 2 Z 3
Z 4 Z 5 Z 6

Das Jahr 1981 mit seinem ungewöhnlichen Witterungsverlauf ermöglichte die beste Differenzierung. Die frühtreibenden Fichten hatten bereits fast ausgetrieben zu einem Zeitpunkt, als alle anderen NK noch im völligen Winterzustand verharrten. Selbst A. alba unter Schirm, die den Zustand 1 noch früher als die frühtreibenden Fichten erreichte, blieb in diesem Zustand relativ lange, durchlief aber die nächsten Austriebsphasen wesentlich rascher als die Tannenbastarde und spättreibende Fichten. A. alba auf der Freifläche trieb in den Jahren 1980 und 1982 erwartungsgemäß relativ früh aus, nach den Beobachtungen von 1981 dagegen sehr spät. Dieses Verhalten widerspricht allen bisherigen Beobachtungen und Erfahrungen mit der Weißtanne und hat vermutlich Gründe, die außerhalb der Versuchsanlage liegen.

4.73 Entwicklung der Terminalknospe (Vegetationsabschluß)

Die Beobachtung der Terminalknospenbildung (Abb. 32) ergab, daß 1980 früh- und spättreibende Fichten sowie Weißtanne auf der Freifläche am 10.9. die Terminalknospen vollständig ausgebildet und damit den Vegetationsabschluß erreicht hatten. Die Bastarde unterschieden sich zu diesem Zeitpunkt noch erheblich voneinander, am weitesten entwickelt war die NK 400, am geringsten die NK 500. Ende September hatten bis auf die NK 300 und 500 auch die Tannen-Bastarde ihre Terminalknospenbildung abgeschlossen, die beiden letztgenannten NK erreichten den Vegetationsabschluß erst am 14.10.1980.
1981 wurde die Terminalknospenbildung bereits ab Mitte Juli beobachtet. Zu diesem Zeitpunkt setzte bei den Vergleichsbaumarten schon die Differenzierung der Gipfelknospe ein. Bei den Bastarden war diese Phase erst 4 Wochen später festzustellen. Innerhalb der Bastarde entwickelte sich die NK 400 relativ rasch, die NK 200 dagegen wesentlich langsamer. Am 7.10.1981 hatten alle Pflanzen die Vegetationszeit beendet.

Abb 31: Austriebsverhalten von Tannenbastarden und Vergleichsbaumarten

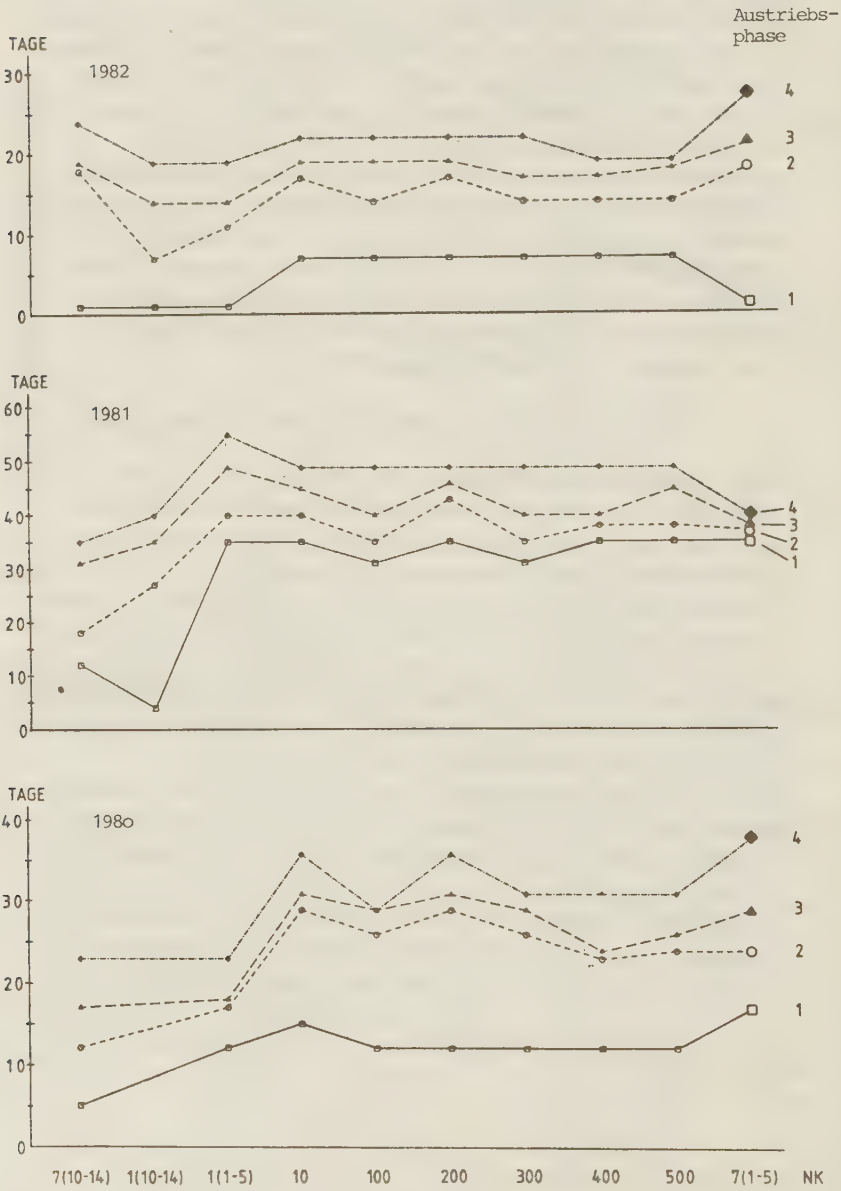
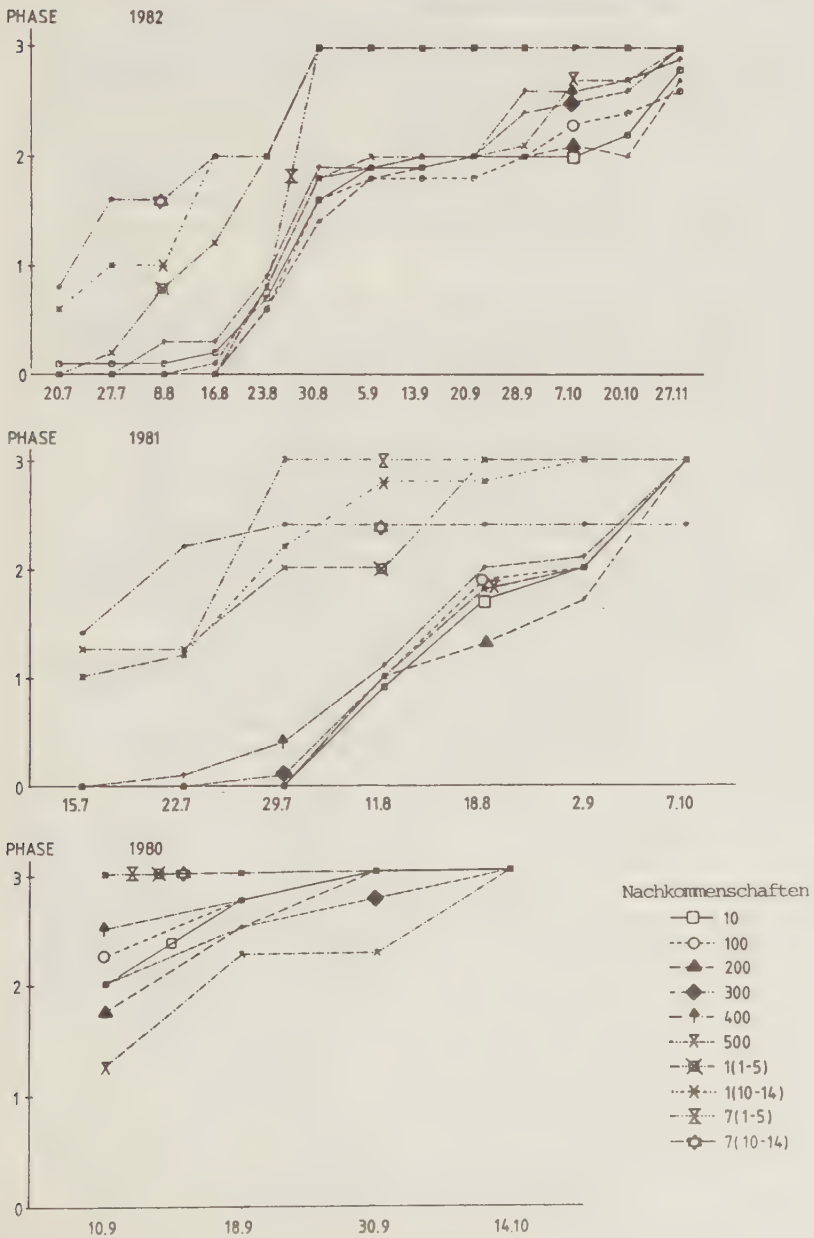


Abb 32: Entwicklung der Terminalknospenbildung (Vegetationsabschluss)



Die frühtreibenden Fichten erreichten nicht die Boniturnote 3, weil 2 Pflanzen im Frühjahr erfroren waren und daher in die Mittelwertberechnung mit Boniturnote 0 eingehen mußten. 1982 ergab die Bonitur ähnliche Ergebnisse wie 1980. Die Bastarde begannen mit der Differenzierung der Gipfelknospe erst Mitte August, die NK 400 entwickelte sich rascher, die NK 200 langsamer als die übrigen. Die NK 10, 100, 200 und 400 erreichten nicht ganz die Bonitursstufe 3, weil in jeder Nachkommenschaft 1 bis 2 Pflanzen statt brauner dunkelolivgrüne Gipfelknospen ausgebildet und bis in den Winter hinein beibehalten hatten.

In Tabelle 19 sind Austriebsbeginn, Dauer der phänologischen Entwicklung bis zum Austrieb von 96% aller Pflanzen einer NK und Abschluß der Vegetationszeit angegeben. Die Zeit zwischen dem Austrieb der ersten Pflanze und dem von 50% der Pflanzen einer NK war bei einigen NK ausgesprochen kurz, die NK 100, 400 und 500 benötigten für diese Phase aber bis zu 9 Tagen. In Abhängigkeit vom Temperaturverlauf dauerte es bei den verschiedenen NK in den Beobachtungsjahren unterschiedlich lange, bis 96% einer NK ausgetrieben hatten. Vor allem 1981 war die Dauer der phänologischen Entwicklung wesentlich länger als in den beiden anderen Jahren.
Die Zeit bis zum Vegetationsabschluß von 96% aller Bäume einer NK war in den einzelnen Jahren ebenfalls unterschiedlich lang. Die Bastarde brauchten bis zu 5o Tagen mehr als die Vergleichsbaumarten, um den Vegetationsabschluß zu erreichen.

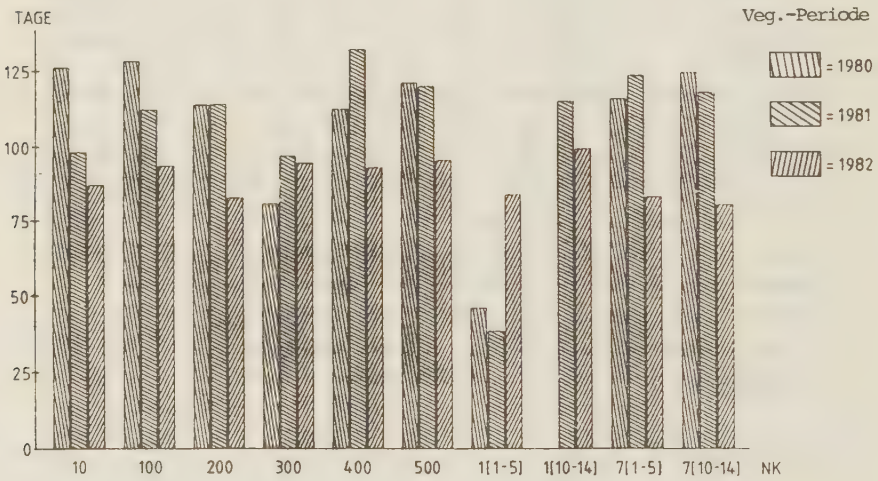
Tab 19: Austriebsbeginn, Dauer der phänologischen Entwicklung und Abschluß der Vegetationszeit (Tage ab Beobachtungsbeginn)

Nachkommenschaft, Nr.	Jahr	Austrieb von 1.Pflanze je NK	Austrieb von 5o % der NK	Austrieb von 96 % der NK	Vegetationsabschluß von 96 % der NK
A. concolor x A. veitchii 1o	1980	36	36	38	149
	1981	49	49	55	18o
	1982	19	22	27	2o9
A. concolor x A. procera 1oo	1980	29	29	38	149
	1981	4o	49	49	18o
	1982	19	22	24	2o7
A. veitchii x A. alba 2oo	1980	36	36	38	149
	1981	49	49	55	18o
	1982	19	22	27	2o7
A. concolor x A. nordmanniana 3oo	1980	29	31	36	163
	1981	49	49	55	18o
	1982	19	22	27	2o7
A. concolor 2 x A. grandis 1 4oo	1980	26	31	36	149
	1981	4o	49	49	18o
	1982	19	19	22	2o7
A. grandis 1 x A. concolor 2 5oo	1980	31	31	38	163
	1981	4o	49	49	18o
	1982	19	19	24	2o7
A. alba Freifläche	1980	19	23	29	129
	1981	49	55	55	13o
	1982	17	19	19	118
A. alba Schirm	1980	-	-	-	-
	1981	4o	4o	49	145
	1982	17	19	22	118
P. abies spättreibend	1980	38	38	38	129
	1981	4o	4o	49	111
	1982	22	27	31	118
P. abies frühtreibend	1980	23	23	29	129
	1981	12	35	35	111
	1982	22	24	34	118

4.74 Dauer des Höhenwachstums

Das Höhenwachstum der NK dauerte in den drei Beobachtungsjahren verschieden lange an, die Relationen zwischen den NK verschoben sich von Jahr zu Jahr (Abb. 33).

Abb 33: Mittlere Höhenwachstumsdauer



1980 (Beginn der Höhenentwicklung der ersten Pflanze am 19.5.1980) wurden als durchschnittliche Höhenwachstumsdauer für alle beobachteten NK 107 Tage ermittelt. Die längste Wachstumsphase wurde bei der NK 100 mit 128 Tagen, die kürzeste bei A. alba auf der Freifläche mit 46 Tagen registriert (Anhang 19).

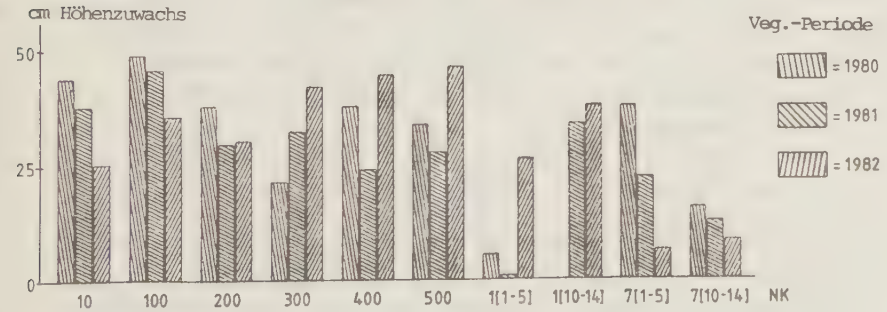
1981 (Beginn der Höhenentwicklung der ersten Pflanze am 10.4.1981) wurde eine durchschnittliche Höhenwachstumsdauer für alle NK von 105 Tagen festgestellt. Die NK unterschieden sich voneinander ähnlich deutlich wie im Vorjahr. Die relativ frühtreibende NK 400 erreichte mit 132 Tagen die längste Höhenwachstumsdauer, A. alba im Freiland mit 38 Tagen wiederum die kürzeste. Innerhalb der Bastarde zeichnete sich 1981 - wie 1980 - die NK 300 durch die kürzeste Höhenwachstumsphase aus.

1982 (Beginn der Höhenentwicklung der ersten Pflanze am 5.5.1982) wurde mit 89 Tagen eine erheblich kürzere durchschnittliche Höhenwachstumsdauer ermittelt. Die Unterschiede zwischen den NK waren weniger ausgeprägt als in den beiden Vorjahren, die Differenz zwischen längster Höhenwachstumsphase - A. alba unter Schirm mit 99 Tagen - und kürzester Höhenwachstumsdauer - frühtreibenden Fichten mit 80 Tagen - betrug nur 19 Tage. Innerhalb der Bastarde erreichte die NK 500 mit 95 Tagen die längste Höhenwachstumsdauer, die kürzeste wurde bei der NK 200 mit 83 Tagen registriert. Bei der NK 300 wurden in den vorhergehenden Jahren jeweils die kürzesten Höhenwachstumsphasen festgestellt, 1982 dauerte das Höhenwachstum bei dieser NK mit 94 Tagen überdurchschnittlich lange.

4.75 Jährlicher mittlerer Höhenzuwachs

Unterschiede im jährlichen mittleren Höhenzuwachs wurden zwischen den NK innerhalb eines Jahres und für die gleiche NK zwischen den verschiedenen Jahren (Abb. 34) festgestellt.

Abb. 34: Jährlicher mittlerer Höhenzuwachs (cm/Jahr)

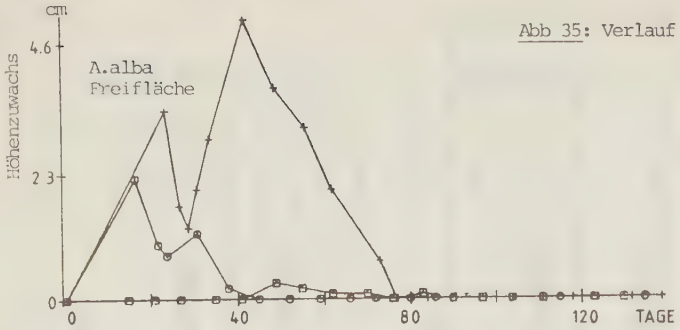


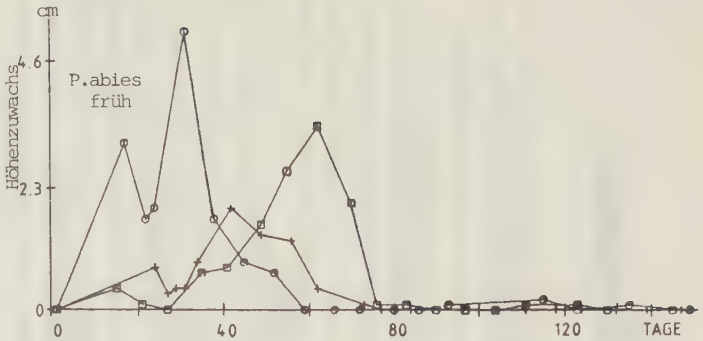
Die Bastarde hatten wesentlich höhere Zuwachsraten als die Vergleichspopulationen von A. alba und P. abies. Die größten jährlichen Zuwachsraten ergaben sich 1980 bei der NK 100 mit 48,8 cm, 1981 bei der NK 100 mit 45,7 cm und 1982 bei der NK 500 mit 46,3 cm (Anhang 20).
Im Jahre 1981 wurden - bei frühem Austrieb und langer Höhenwachstumsphase - nicht die größten Höhenzuwachsraten realisiert. Entscheidend für die Zuwachsleistung ist demnach nicht die Dauer der Höhenzuwachsperiode, sondern die Intensität des Höhenzuwachses in dieser Periode.
Die Rangfolge der NK bezüglich des jährlichen mittleren Höhenzuwachses änderte sich von Jahr zu Jahr. Die NK 10 und NK 100 erreichten 1980 die höchsten Zuwachsraten, 1982 dagegen die geringsten. Die NK 200 verhielt sich indifferent, die NK 300 realisierte zwischen 1980 und 1982 von Jahr zu Jahr mehr Höhenzuwachs.
Die spättreibenden Fichten hatten mit Ausnahme des Jahres 1982 jeweils einen höheren Zuwachs als die frühtreibenden Fichten.
A. alba auf der Freifläche realisierte erst im Jahr 1982 einen nennenswerten Höhenzuwachs. A. alba unter Schirm erzielte in den beiden Beobachtungsjahren die besten Zuwachsergebnisse unter den Vergleichspopulationen, blieb aber trotzdem deutlich unter den Zuwachsraten der Bastarde.
Aus der jährlichen mittleren Höhenzuwachsrate und der Dauer des Höhenzuwachses sind für die NK mittlere tägliche Höhenzuwachsraten errechnet worden (Anhang 21). Diese schwanken zwischen 0,099 cm bei frühtreibenden Fichten und 0,499 cm je Tag bei der NK 500.

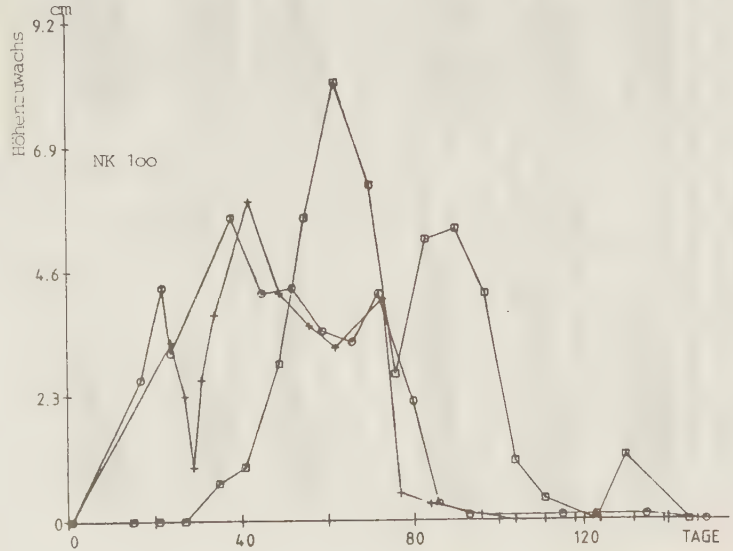
4.76 Saisondynamik des Höhenzuwachses

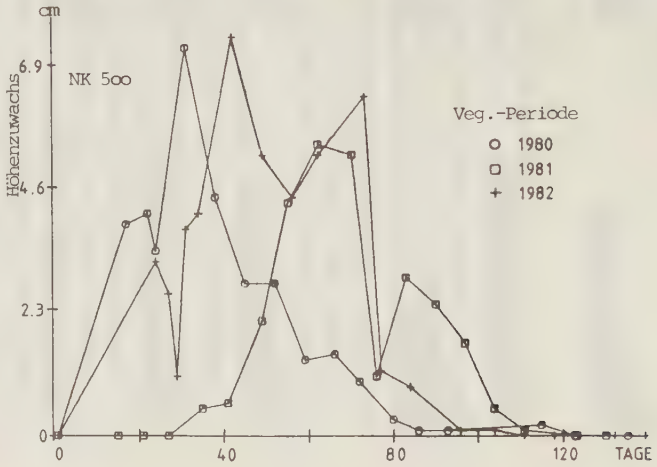
Der Verlauf des Höhenzuwachses während der drei Vegetationsperioden ist exemplarisch für vier Nachkommenschaften in Abbildung 35 dargestellt. Auf den ersten Blick ist ein grundsätzlich anderer Verlauf des Höhenzuwachses für das Jahr 1981 zu erkennen.

Abb 35: Verlauf des Höhenzuwachses





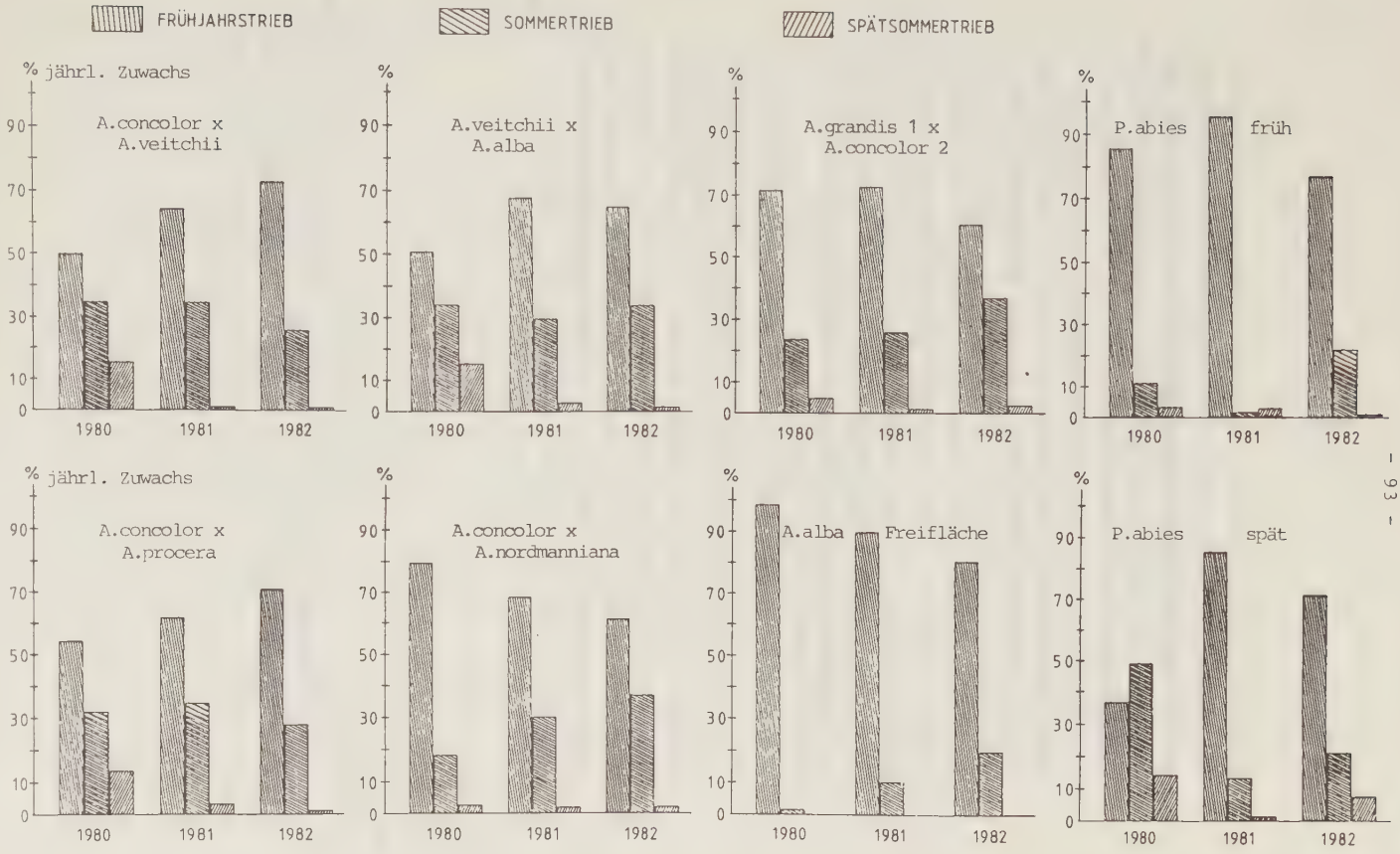




Hier erreichten die Bastarde nach sehr zögerndem Beginn die höchsten Zuwachsraten zwischen dem 60. und dem 70. Tag, hatten dann eine kurze Phase mit deutlich geringerem Höhenzuwachs und erreichten ein zweites Maximum zwischen dem 88. und dem 93. Tag. Der Höhenzuwachs von A. alba unter Schirm und spättreibenden Fichten verlief sehr ähnlich. Frühtreibende Fichten und A. alba auf der Freifläche erreichten wesentlich früher den Kulminationspunkt und insgesamt erheblich geringere Zuwachsraten.
Für 1980 und 1982 ist ebenfalls ein zweigipfliger Verlauf der Höhenzuwachskurve zu erkennen, allerdings ganz anders ausgeprägt. Nach großem Zuwachs zu Beginn setzte zwischen dem 20. und dem 30. Tag eine kurze, unterschiedlich stark ausgeprägte Höhenzuwachsdepression ein, aus der heraus dann alle NK sehr rasch den maximalen Höhenzuwachs erreichten. Danach fiel bei den Vergleichsbaumarten der Höhenzuwachs stetig auf Null zurück, während er bei den Bastarden noch auf dem Niveau über 2,0 cm anhielt und erst ab dem 80. Tag abfiel. Der geringe Zuwachsanstieg nach dem 120. Tag in allen Jahren wurde durch die Ausdifferenzierung und Streckung der Gipfelknospe verursacht.

Zur Erfassung der Saisondynamik wurde der Gesamtzuwachs eines Jahres auf drei Intervalle verteilt. Der Höhenzuwachs bis zum 21.6. wurde als Frühjahrstrieb, der zwischen 22.6. und 21.7. als Sommertrieb und der vom 22.7. bis zur Einstellung des Zuwachses als Spätsommertrieb bezeichnet. In Abbildung 36 ist die Saisondynamik nachkommenschaftsweise für die drei Jahre dargestellt.
1980 realisierten die NK 10, 100 und 200 nur rund 50% im Frühjahr, mehr als 30% im Sommer und noch ca. 15% des jährlichen Zuwachses im Spätsommer. Die NK 300, 400 und 500 erreichten dagegen mit dem Frühjahrstrieb über 70%, mit dem Sommertrieb rund 25% und mit dem Spätsommertrieb dann nur noch rund 5% des Gesamthöhenzuwachses.

Abb 36: Saisondynamik des Höhenzuwachses



Erwartungsgemäß machte bei den frühtreibenden Fichten der Frühjahrstrieb bereits 85%, bei den spättreibenden dagegen nur 37% des jährlichen Höhenzuwachses aus. A. alba auf der Freifläche erzielte mit 98% nahezu den gesamten Jahreshöhenzuwachs mit dem Frühjahrstrieb.
1981 realisierten alle NK aufgrund des Witterungsverlaufes im Frühjahrstrieb mehr Höhenzuwachs als 1980, die Unterschiede zwischen den NK blieben jedoch weitgehend erhalten. Die Zuwachsraten im Sommer entsprachen denen von 1980, die Spätsommerzuwachsraten waren dementsprechend geringer. Auch die spättreibenden Fichten erreichten bereits 85% des Gesamthöhenzuwachses 1981 mit dem Frühjahrstrieb, weitere 13% mit dem Sommertrieb und mit dem Herbsttrieb nur etwas über 1%.

Die Entwicklung im Jahr 1982 verlief ähnlich wie in den Jahren vorher.
Bastarde und spättreibende Fichten erreichten im Frühjahrstrieb zwar den Hauptanteil des Zuwachses, realisierten aber mit dem Sommertrieb noch einen bedeutenden Prozentsatz, der weit über den Sommertriebanteilen von A. alba und frühtreibenden Fichten lag. Die Spätsommertriebanteile von Bastarden und spättreibenden Fichten unterschieden sich dahingehend, daß die Bastarde im Mittel nur 1 - 2% des jährlichen Höhenzuwachses, die spättreibenden Fichten noch mehr als 7% im Spätsommertrieb erreichten.

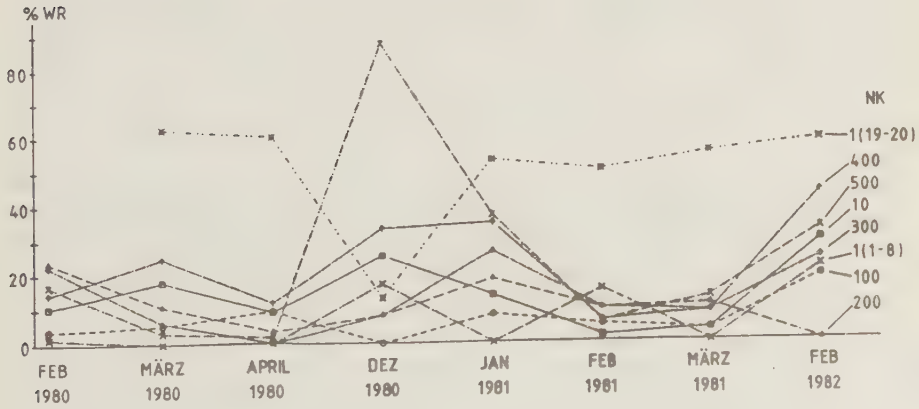
4.8 Stecklingsvermehrung

Aus Platzgründen wird nur das Ergebnis für erfolgreiche Bewurzelung mitgeteilt und auf die Darstellung der Reaktion nicht bewurzelter Stecklinge verzichtet. Die untersuchten Nachkommenschaften unterscheiden sich in ihrer Bewurzelungsfähigkeit deutlich, darüber hinaus ist die klonspezifische Eignung zur Stecklingsbewurzelung innerhalb der NK sehr unterschiedlich.

4.81 Natürliche Bewurzelungsrate

Der Anteil bewurzelter Stecklinge ohne Wuchsstoffbehandlung wird als Ausdruck der natürlichen Bewurzelungsfähigkeit zu den verschiedenen Terminen angesehen (Abb. 37).

Abb 37: Bewurzelungsvermögen der verschiedenen Nachkommen ohne Wuchsstoffbehandlung



Bei allen NK gibt es eine ausgeprägte Terminabhängigkeit der Wurzelraten. Bei den Bastarden ist die natürliche Bewurzelungsrate im April minimal. Während der Wintermonate Dezember, Januar und Februar beträgt sie dagegen rund 20 - 30% und erreicht bei der NK 500 im Dezember 1980 sogar ein Maximum mit knapp 90%.
Im März haben die NK 10 und 400 höhere Wurzelraten als im Februar, die anderen NK zum Teil deutlich geringere Wurzelraten.
Die geringe Bewurzelung im Februar und März 1981 entspricht gut den Aprilwerten 1980, wenn man sich den Temperaturverlauf des Jahres 1981 (siehe Punkt 4.7) vergegenwärtigt. Je näher der Gewinnungstermin an den Austrieb der jeweiligen NK heranrückt, umso geringer sind die Wurzelraten. Bemerkenswert ist die unterschiedliche natürliche Bewurzelungsfähigkeit der NK zu den drei verschiedenen Terminen im Februar. Der für den Bewurzelungserfolg ausschlaggebende physiologische Zustand der Mutterpflanzen war in jedem Jahr anders und konnte durch die Angabe des Stecklingsgewinnungstermines nicht ausreichend erfaßt werden.
Ein Teilversuch mit gut bewurzelbaren Klonen im August 1980 führte nach vergleichbarer Standzeit in keinem Fall zur Bewurzelung.

4.82 Einfluß von Wuchsstoffapplikation und Stecktermin

Durch Wuchsstoffbehandlung liessen sich die Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) bei den NK unterschiedlich beeinflussen (Tab. 20). Die verwendeten Wuchsstoffe und Lösungsmittel wirkten nachkommenschaftsspezifisch. Die Behandlungsart I förderte z.B. bei den NK 10 und 300 Wurzelrate und durchschnittliche Hauptwurzelzahl, erzielte aber bei den NK 100 und 1 (1 - 8) keine Verbesserung der Wurzelrate und nur eine geringe Erhöhung der Hauptwurzelzahl. Die Behandlungsart VI ergab bei den NK 500 und 1 (1 - 8) sogar schlechtere Wurzelraten als die unbehandelte Variante (Behandlungsart VII) und wirkte sich somit hemmend auf die Stecklingsbewurzelung aus.

Tab 2o: Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) von Tannenstecklingen nach Behandlung mit verschiedenen Wuchsstoffen (Mittelwerte aller Termine)

NK	I 5ooo ppm IBS 5o% Aceton 5 sec		II 5ooo ppm IES 1oo% Isopropanol, 3 sec		III 5ooo ppm IES 1oo% Methanol 3 sec		IV 5ooo ppm IES 5o% Aceton 5 sec		V 1ooo ppm IEK Talkum		VI 4o ppm NEK 1oo% Wasser 6 Std.		VII unbehandelt		Mittelwert I - VII	
	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ
A.concolor x A.veitchii	41	2,8	3o	3,1	46	2,9	26	2,9	39	3,2	33	2,4	22	1,9	36	2,9
A.concolor x A.procera	9	2,o	11	1,8	13	1,7	14	1,5	21	2,o	15	1,2	8	1,5	14	1,7
A.veitchii x A.alba	27	1,7	17	2,5	23	1,6	2o	1,7	28	3,1	19	1,7	12	1,2	22	2,1
A.concolor x A.nordm.	39	2,1	38	2,6	34	2,6	32	2,6	38	3,6	33	1,8	16	1,7	36	2,6
A.concolor x A.grandis	39	3,3	41	2,9	52	3,1	35	2,8	53	4,3	32	2,5	27	2,o	42	3,2
A.grandis x A.concolor	38	2,6	39	2,9	35	2,4	41	3,2	53	3,8	24	2,1	28	2,o	38	2,8
A.alba 3oj.	9	1,5	18	2,o	17	1,7	2o	2,6	21	2,o	5	1,1	9	1,2	15	1,8
A.alba 4j.	67	3,7	43	2,8	63	2,7	55	3,8	62	3,6	65	3,2	45	2,3	59	3,3

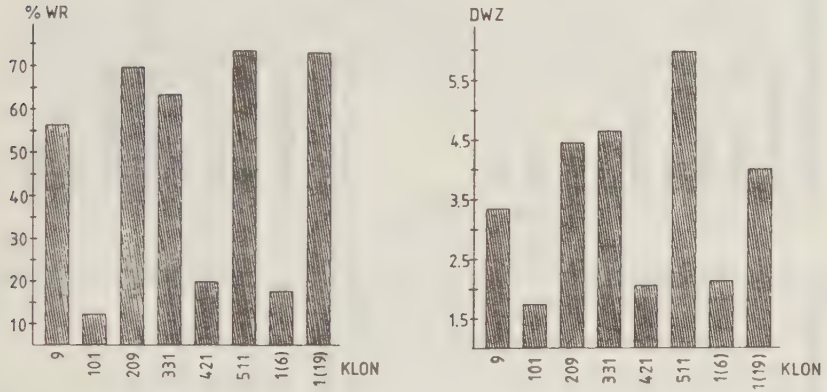
Für eine gut und eine schlecht bewurzelbare NK ist in Tabelle 21 exemplarisch dargestellt, daß die Wuchsstoffbehandlung die gewünschte Wirkung nur bei Anwendung zum richtigen Termin erzielt hat. Bei der NK 1OO wurden mit der Behandlungsart V im Februar 198o 31% Bewurzelung und 2,2 Hauptwurzeln je Steckling erreicht. Mit der gleichen Behandlungsart wurden im März nur noch 18,3% bewurzelte Stecklinge mit O,2 Hauptwurzeln je Steckling erzielt, im Dezember 198O keine Bewurzelung mehr. Für die NK 3OO ergaben sich mit der Behandlungsart II im Februar 198O 31% Bewurzelung und 3,O Hauptwurzeln je Steckling. Die gleiche Behandlungsart im März 198O erreichte nur noch 18% Bewurzelung und 1,5 Wurzeln je Steckling, im April 198O sogar nur noch 1,3% WR mit O,3 DWZ je Steckling. Die Behandlungsart II ergab bei der NK 1OO im Dezember 198O überhaupt keine Bewurzelung, bei der NK 3OO erzielte sie mit 75% WR und 2,9 DWZ je Steckling das beste Ergebnis der Dezemberserie überhaupt.

Tab 21: Einfluß von Wuchsstoffbehandlung und Stecktermin auf mittlere Bewurzelungsraten (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahlen (DWZ) bei zwei Kreuzungsnachkommenschaften

Termin	NK	Behandlungsart							
		II		IV		V		VII	
		WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ	WR	DWZ
Feb. 1980	100	17,3	1,8	14,6	1,1	31,0	2,2	3,8	0,7
	300	47,6	3,9	50,0	3,0	36,7	3,8	22,2	1,9
März 1980	100	1,5	1,0	4,5	2,0	18,3	2,0	5,3	0,6
	300	18,0	1,5	10,7	2,0	45,3	2,8	6,0	0,8
April 1980	100	1,3	0,3	4,3	0,5	21,5	1,7	9,3	0,9
	300	1,3	0,3	1,7	0,2	1,7	0,2	0	0
Dez. 1980	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	300	75,0	2,9	44,0	1,7	42,0	1,8	8,0	1,3
Jan. 1980	100	10,9	0,8	9,0	0,5	8,2	0,6	8,0	0,6
	300	42,7	2,5	32,1	1,7	25,0	1,7	26,2	1,1
Feb. 1980	100	11,8	1,7	18,7	1,0	18,2	1,5	4,9	0,2
	300	41,7	3,0	27,7	2,3	49,9	4,9	9,5	1,1
März 1980	100	7,4	0,9	4,4	0,5	16,8	3,1	3,3	0,5
	300	21,1	1,4	12,9	1,6	24,4	3,7	8,4	0,7
Feb. 1980	100	31,1	1,8	35,6	1,8	30,7	1,7	18,6	1,1
	300	36,1	2,0	-	-	33,3	1,7	23,9	1,3

Darüber hinaus ist erfolgreiche Stecklingsbewurzelung stark klonabhängig (Abb. 38). Schlecht bewurzelbar sind die Bastardklone 101, 421 und der A. alba-Klon 6, die nur maximale Wurzelraten von 20% bzw. durchschnittliche Hauptwurzelzahlen von 2,15 erreichten. Der Klon Nr. 9 gehört zu einer Gruppe von gut bewurzelbaren Klonen. Die Klone 209, 231, 511 und die A. alba-Sämlinge bewurzeln sich sogar gut bis sehr gut, wobei der Klon 511 durch eine hohe Wurzelintensität zusätzlich auffällt.

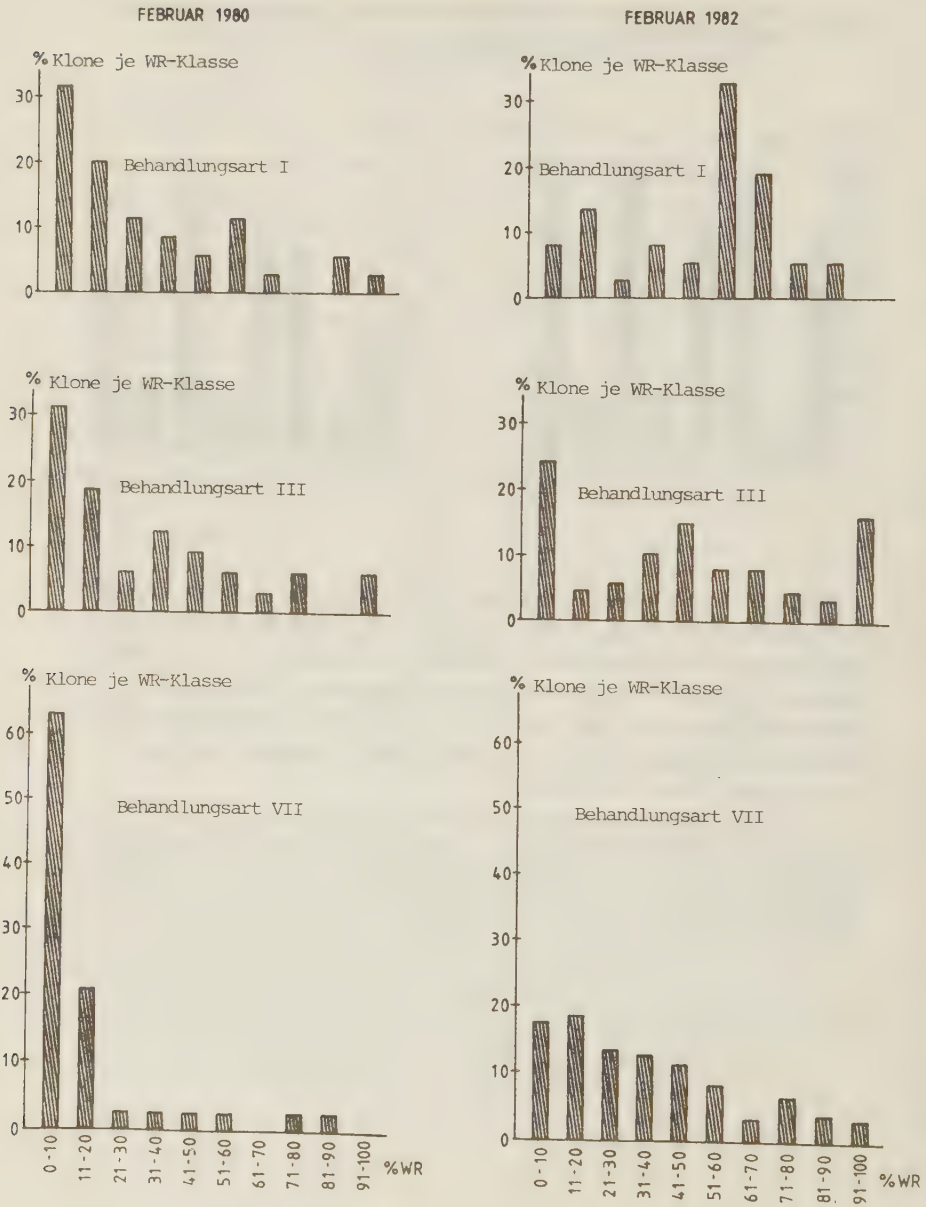
Abb 38: Wurzelrate (WR) und durchschnittliche Hauptwurzelzahl (DWZ) ausgewählter Klone im Februar 1981 (Mittelwerte aller Behandlungsarten)



Der erste Versuch zur Stecklingsbewurzelung der Tannen-Bastarde im Februar 1980 ergab wenig ermutigende Ergebnisse (Abb. 39). Ohne Wuchsstoffbehandlung bewurzeln sich rund 63% aller Klone schlechter als 10%. Durch Wuchsstoffbehandlung wurde das Bewurzelungsergebnis zwar verbessert, eine wirtschaftlich interessante Größenordnung aber erst durch Selektion gut bewurzelbarer Klone erreicht.

Im Februar 1982 entfielen ohne Wuchsstoffbehandlung nur noch 18% aller Klone auf die WR-Klasse 0-10%. Die Wuchsstoffbehandlung wirkte sich bei diesem selektierten Material wesentlich günstiger aus als zu Beginn der Versuche 1980.

Abb 39: Prozentuale Häufigkeitsverteilung der Wurzelraten



Mittlere Wurzelraten und durchschnittliche Hauptwurzelzahlen in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin sind für die NK in den Abbildungen 4o-43 dargestellt. Aus den Ergebnissen der über drei Jahre hinweg durchgeführten Versuche zur Stecklingsbewurzelung von Tannen-Bastarden sind für die einzelnen NK die günstigsten Termin-Wuchsstoffkombinationen abgeleitet (Tab. 22) und jene Klone zusammengestellt worden, die sich infolge hoher Wurzelraten gut zur Stecklingsvermehrung eignen.

Tab 22: Ergebnisse der Versuche zur Stecklingsbewurzelung von Tannenbastarden

NK - Nr.	Bewurzelungsfähigkeit	Max. NK-Mittel für WR	DWZ	%Klone je NK mit WR über 51 %	über 75 %	Günstigste Varianten Februar	März
A.concolor 1o x A.veitchii	gut	54	4,8	71	50	II V	IV
A.concolor 1oo x A.procera	schlecht	25	3,7	32	9	II V	V
A.veitchii 2oo x A.alba	gut	50	5,0	91	45	II V	V
A.concolor 3oo x A.nordm.	gut	59	6,5	68	28	I II	V
A.concolor 2 4oo x A.grandis 1	sehr gut	71	6,2	78	52	V	III V
A.grandis 1 5oo x A.concolor 2	sehr gut	66	6,7	75	40	IV V	
A.alba 3oj. 1(1-12)	schlecht	34	3,7	25	25	II	IV
4j. 1 (19)	sehr gut	95	6,3	-	-	IV V	V
A.concolor 10 7oo x A.alba 3	gut	65	4,2	100	33	II IV	
A.concolor 1ooo	gut	55	2,8	56	28	II V	
freie Abblüte 11oo	gut	58	3,2	70	27	II V	
12oo	sehr gut	82	4,4	91	74	II V	

Abb 4o: Mittlere Wurzelrate (WR) und durchschnittl. Hauptwurzelzahl (DWZ) von Stecklingen der NK 1o, 3oo in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin

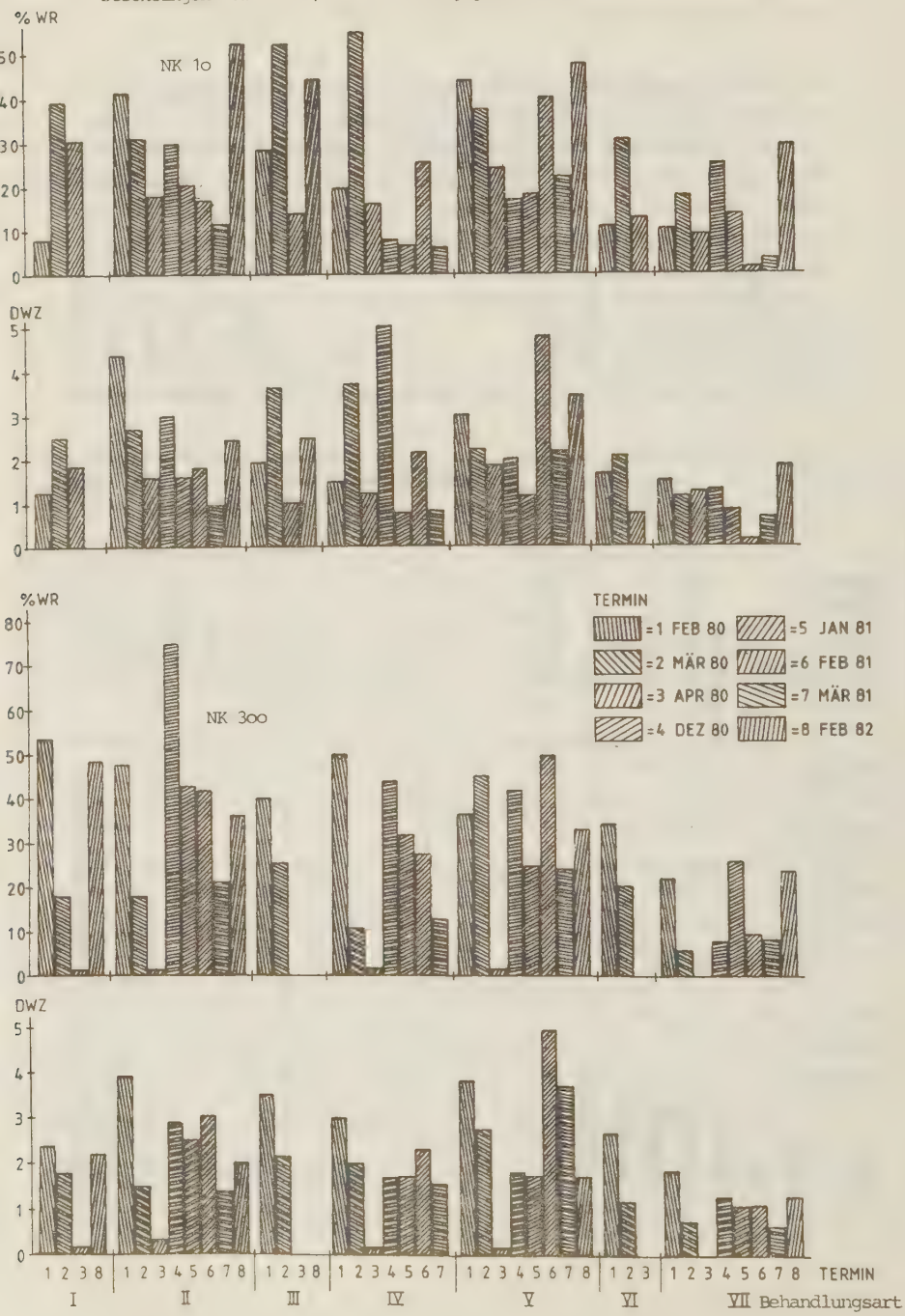


Abb 41: Mittlere Wurzelrate (WR) und durchschnittl. Hauptwurzelzahl (DWZ) von Stecklingen der NK 1oo, 1(19-2o) in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin

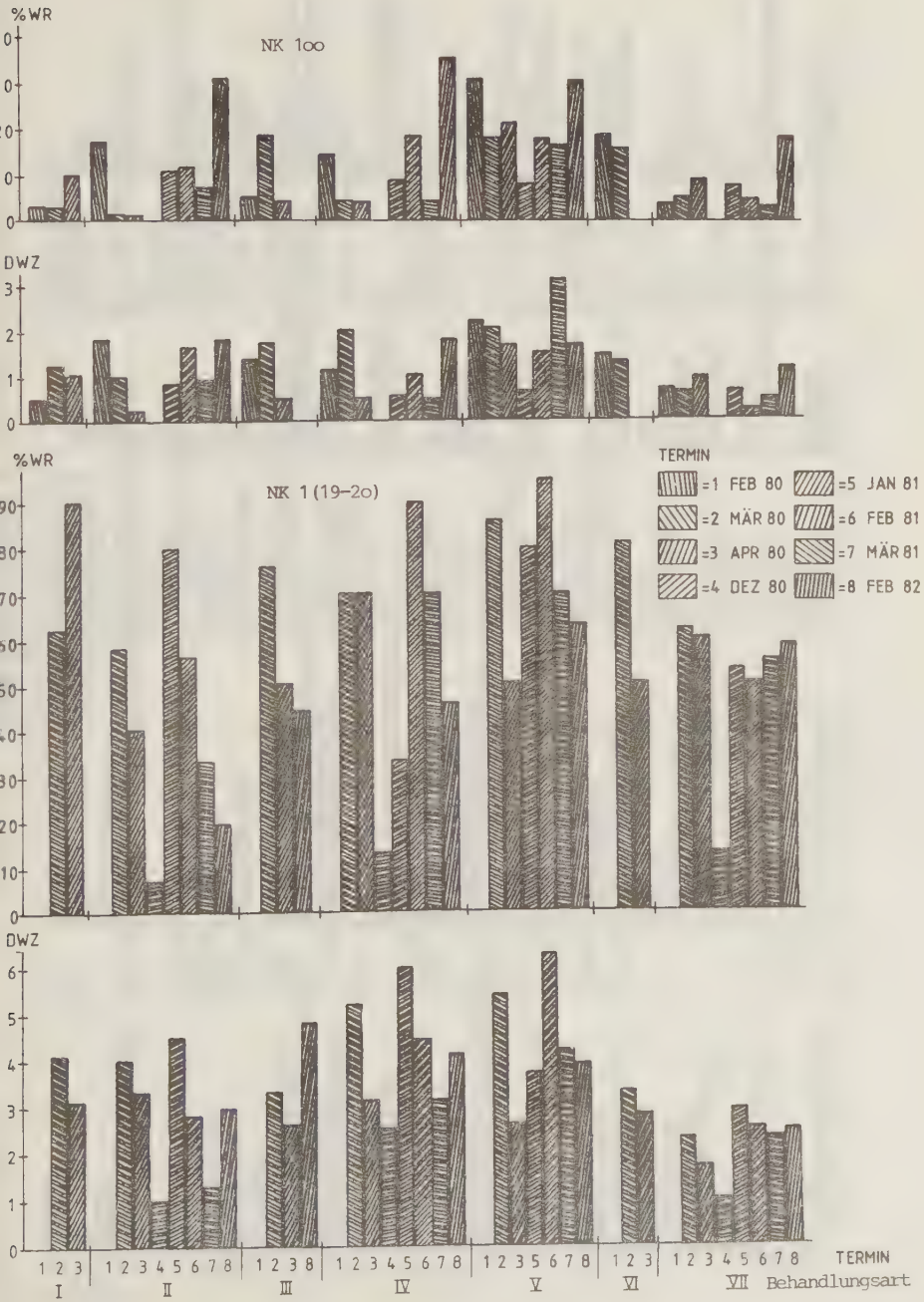


Abb 42: Mittlere Wurzelrate (WR) und durchschnittl. Hauptwurzelzahl (DWZ) von Stecklingen der NK 2oo, 5oo in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin

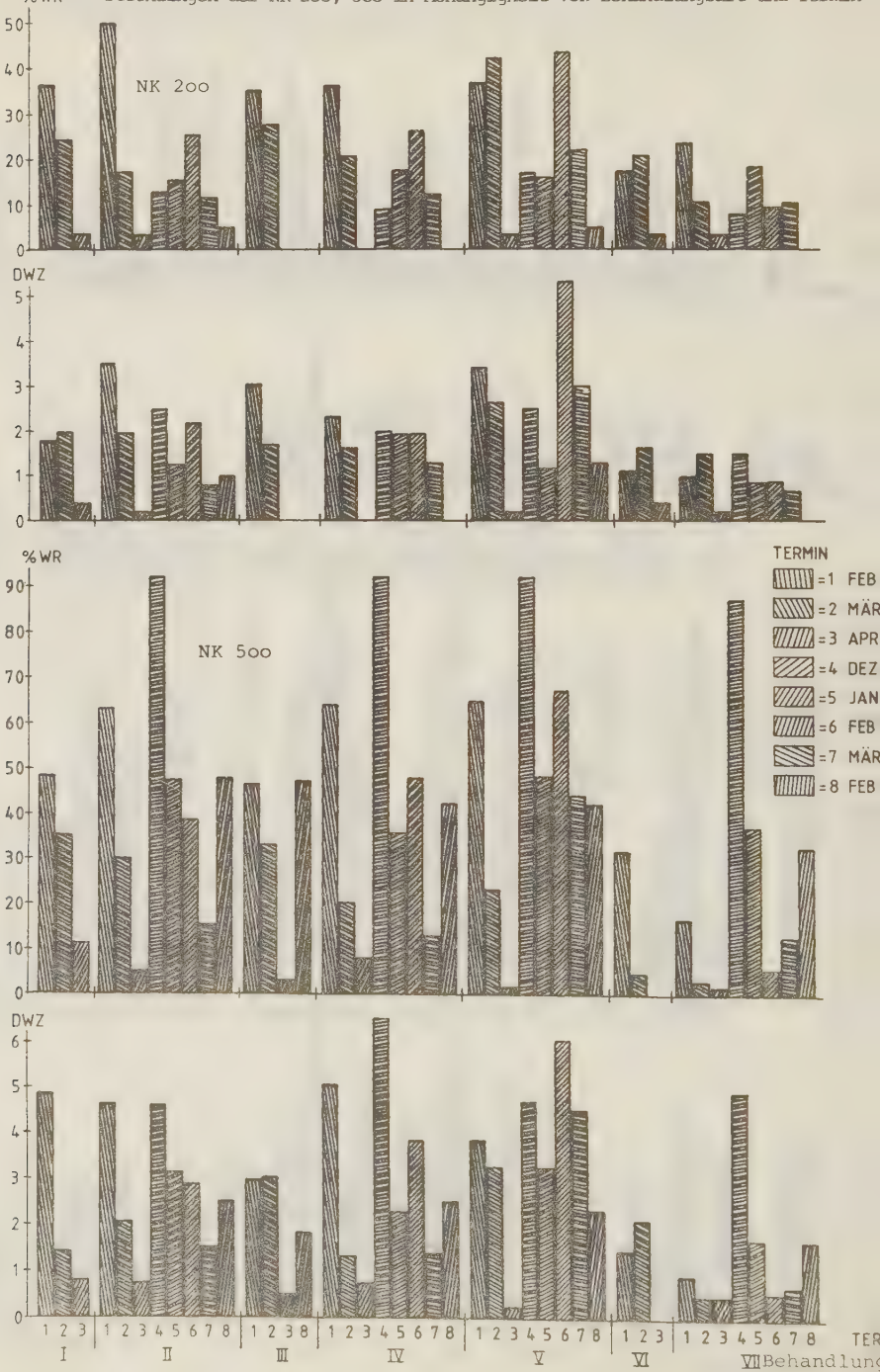
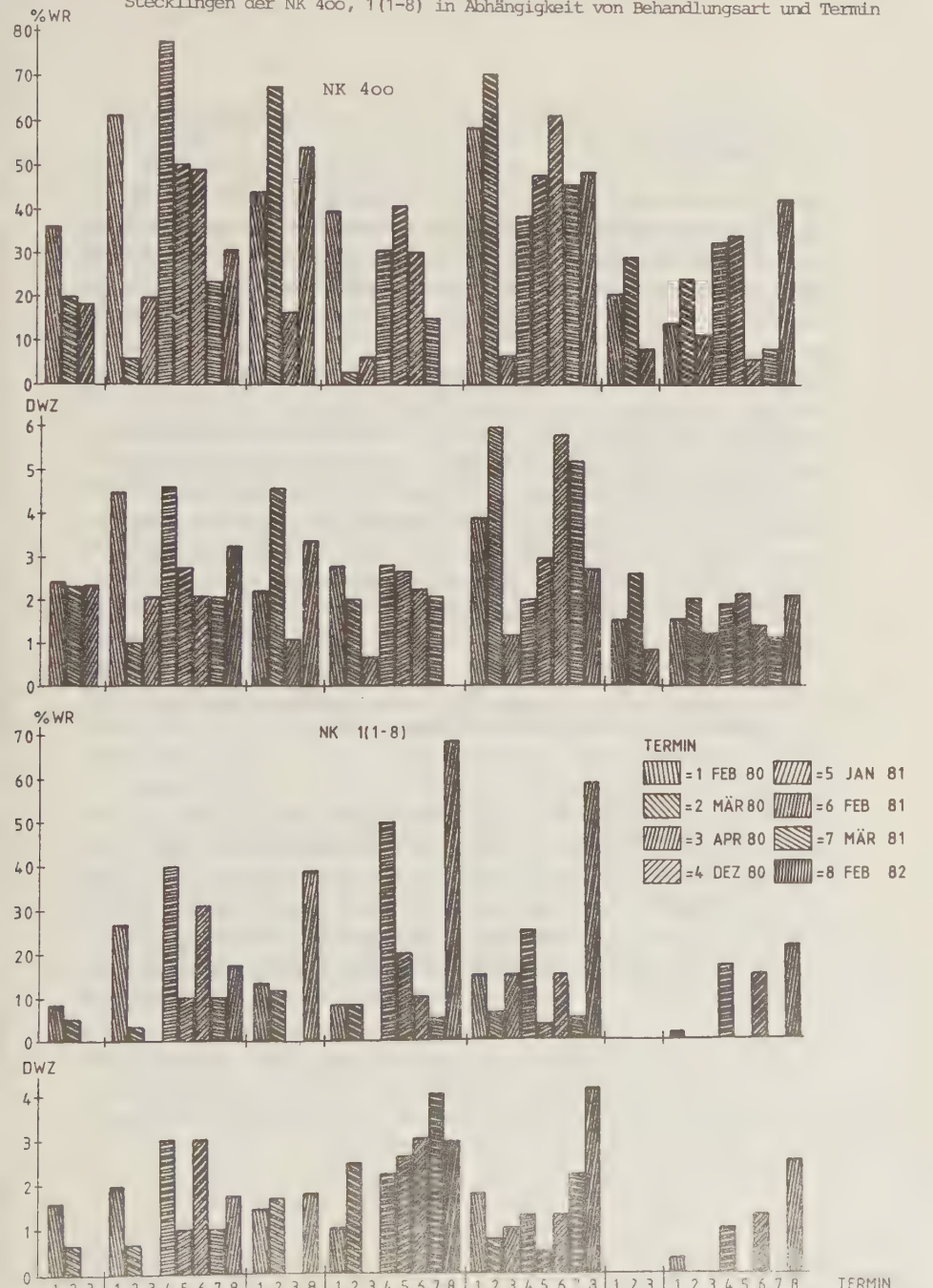


Abb 43: Mittlere Wurzelrate (WR) und durchschnittl. Hauptwurzelzahl (DWZ) von Stecklingen der NK 400, 1(1-8) in Abhängigkeit von Behandlungsart und Termin



4.83 Zusammenhang zwischen Wurzelrate und durchschnittlicher Hauptwurzelzahl

Bei der Auswertung der Bewurzelungsversuche entstand der Eindruck, daß Wurzelrate und Hauptwurzelzahl voneinander abhängig sind. Diesen Zusammenhängen nachgehend, wurden einfache lineare Korrelationen gerechnet, deren Koeffizienten (Mittelwert aller NK) in Tabelle 23 exemplarisch für die drei Februartermine dargestellt sind.
Zwischen Bewurzelungsrate und durchschnittlicher Hauptwurzelzahl bei verschiedenen Behandlungsarten und Terminen bestanden demnach Zusammenhänge, die für die einzelnen Jahre und Wuchsstoffe jedoch unterschiedlich ausfielen. Bemerkenswert war der niedrige Korrelationskoeffizient (r = 0,49) bei Behandlungsart V im Februar 1981. Die Förderung von Wurzelrate und Wurzelintensität durch Erhöhung der Zahl der Hauptwurzeln je Steckling als Folge einer Wuchsstoffapplikation kam nicht in jedem Falle deutlich zum Ausdruck.

Tab 23: Zusammenhang zwischen Wurzelrate und durchschnittlicher Hauptwurzelzahl (Korrelationskoeffizient r)

Behandlungsart	Feb 1980 r	Feb 1981 r	Feb 1982 r
II	0,63 xxx	0,65 xxx	0,59 xxx
IV	0,79 xxx	0,66 xxx	0,53 xxx
V	0,63 xxx	0,49 xxx	0,62 xxx
VII	0,58 xxx	0,63 xxx	0,67 xxx

5. Diskussion

5.1 Möglichkeiten der Bastarddiagnose

Zur Diagnose von Nachkommen aus gelenkten Tannen-Kreuzungen wurden biochemische, morphologische und keimungsphysiologische Untersuchungen an dem zur Verfügung stehenden Pflanzenmaterial durchgeführt.

5.11 Pigmentanalysen

Quantitative Pigmentanalysen ergaben für reine Arten wesentlich höhere Absolutgehalte der einzelnen Pigmente als für Bastarde. Die relativen Anteile der einzelnen Pigmente am Gesamtgehalt waren verschieden, insbesondere hatten die Bastarde geringere Chlorophyll- und höhere Xanthophyllanteile. Innerhalb einer Kreuzungsfamilie ließ sich für fast alle Pigmente eine signifikante Absicherung der Unterschiede zwischen Bastard und Vaterbaumart erreichen, dagegen nur in wenigen Fällen eine solche zwischen Bastard und Mutterbaumart. Luxurierende Bastarde können untereinander am Pigmentgehalt nicht signifikant unterschieden werden, von den schlechtwüchsigen Bastarden jedoch in jedem Fall. Zwischen reinen Arten ist eine statistische Absicherung der Unterschiede im mittleren Pigmentgehalt nicht in allen Fällen möglich.
Die Pigmentanalyse eignet sich also nur insoweit zur Bastarddiagnose, als eine eindeutige Zuordnung zur Gruppe der reinen Arten bzw. der luxurierenden Bastarde möglich ist. Es ist dagegen unmöglich, die Kreuzungsnachkommenschaften untereinander zu differenzieren und bestimmten Elterkombinationen zuzuordnen.

Absolute Menge und relative Anteile der untersuchten Nadelfarbstoffe werfen die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Pigmentgehalten und Wuchsleistung auf. Die Pigmentausstattung

der Tannenbastarde entspricht in ihrer Ausprägung dem Typus von Sonnennadeln (BOARDMAN 1977) und verdient deshalb hinsichtlich Photosyntheseleistung Beachtung.
Nach LEHNINGER (1975) sind an der Photosynthese grüner Pflanzen grundsätzlich zwei Lichtreaktionen beteiligt. Das Photosystem I enthält Chlorophyll a und Carotine sowie einen Chlorophyll a- Proteinkomplex (P 700), der als der eigentliche Lichtakzeptor angesehen wird. Das Photosystem II besitzt neben Chlorophyll a bei grünen Pflanzen immer Chlorophyll b sowie verschiedene Xanthophylle. Dieses System wird durch kürzerwelliges Licht aktiviert und bewirkt die Sauerstoffentwicklung. Die Bedeutung der sogenannten akzessorischen Pigmente - Carotine und Xanthophylle - liegt vermutlich in der Rezeption der von den Chlorophyllen nicht absorbierten Teile des sichtbaren Lichtes, darüber hinaus schützen sie die empfindlichen Chlorophylle vor oxidativer Zerstörung durch molekularen Sauerstoff.
Da die wuchskräftigen Tannenbastarde weniger Chlorophyll als schwachwüchsige Bastarde und reine Arten haben, wird nicht davon ausgegangen, daß der Chlorophyllgehalt als Produktivitätsparameter verwendet werden kann (MORALES et al. 1982). Für andere Pflanzen wird zwar eine positive Korrelation zwischen Chlorophyllgehalt und Nettoassimilation festgestellt (TIESZEN und JOHNSON 1968, SESTAK 1966), deren Kausalität jedoch von RUETZ (1973) in Frage gestellt.
Die höhere Wuchsleistung der Tannenbastarde bei geringerem Chlorophyllgehalt könnte bei gleichzeitig erhöhter Ausstattung mit Xanthophyll auf eine besser angepaßte Entwicklung des Lichtakzeptorkomplexes hinweisen und eine verbesserte photosynthetische Effizienz ermöglichen (BLACK und MAYNE 1970, LICHTENTHALER et al. 1981).
Eine Beurteilung der Wuchsleistung von Tannenbastarden aufgrund der Pigmentanalyse kann nicht vorgenommen werden. Wie Untersuchungen von MANLEY und LEDIG (1979) an Bastarden von P. mariana x P. rubens zeigen, kann die Messung der Nettophotosyntheseleistung zur Beantwortung dieser Frage wichtige

Hinweise geben. Um Wachstumsunterschiede zwischen schnell und langsam wachsenden Bäumen zu erklären, muß deren gesamter CO_2-Stoffwechsel erfaßt werden, weil höherer photosynthetischer Gewinn durch intensivere Atmung wieder ausgeglichen werden kann (GROSS und HETTERSHEIMER 1982).

5.12 Monoterpenanalysen

Monoterpenmuster aus Harzen verschiedener Koniferenarten lassen sich mit Hilfe gaschromatographischer Methoden genau analysieren. Für sichere, gut getrennte Peaks liegt der Fehler der Methode bei 0,1 bis 0,3%, für kleine und überlappende Peaks wächst der Fehler an (BERNARD-DAGAN und BARADAT 1977, HUNT und RUDLOFF 1979, SQUILLACE 1976). Hohe Terpen-Variation innerhalb der Tannenarten und Anwendung verschiedener Methoden zur Monoterpenbestimmung machen es unmöglich, die von ZAVARIN und SNAJBERK (1965) angegebenen Daten für die Monoterpenzusammensetzung verschiedener Arten der Gattung Abies für Vergleichs- und Identifikationszwecke zu verwenden.
Für die Monoterpenzusammensetzung der untersuchten Tannenarten und Tannenbastarde werden die bekannten Gesetzmäßigkeiten bestätigt. Die Variation der Terpenmuster gleicher Proben innerhalb eines Baumes ist relativ gering. Stammhöhe, Insertion und Position der Proben im Baum beeinflussen die Terpenzusammensetzung wenig (HUNT und RUDLOFF 1973, MESSERER 1982, SQUILLACE 1976, ZAVARIN 1968, ZAVARIN et al. 1977a). Die Terpenfraktion variiert bei den Tannen in Abhängigkeit von Gewebeart und Gewebealter (HUNT und RUDLOFF 1973, RUDLOFF 1975a, RUDLOFF 1976, HRUTFIORD et al. 1974, ZIMMERMANN-FILLON und BERNARD-DAGAN 1977), der Einfluß des Gewebealters ist besonders hoch (HANOVER 1971).
Der Vergleich zwischen Terpendaten aus Nadel-, Zweig- und Rindenharzen zeigt die geringsten Variabilitäten in den relativen Mengen aus Nadelharzen. Deshalb erscheint die Analyse von Nadelharzterpenen für detaillierte Untersuchungen an Tannenarten geeignet zu sein. Hierbei muß beachtet werden,

daß einjährige Nadeln andere Terpengehalte haben und sich bis in den Herbst hinein darin von älteren Nadeln unterscheiden (RUDLOFF 1975b). Außerdem müssen unbeschädigte Nadeln von gesunden Bäumen gewonnen werden, weil durch mechanische Verletzung, Pilz- und Insektenangriff die Monoterpenkomposition spürbar verändert werden kann (SCHUCK und SCHÜTT 1975, SCHUCK 1982).

Die Variation der Monoterpenmuster zwischen verschiedenen Individuen des gleichen Klones ist erwartungsgemäß gering. Eine Beeinflussung der Monoterpenstruktur aufgepfropfter Reiser durch die Unterlage wurde nicht beobachtet, was Untersuchungsergebnisse von anderen Baumarten (SQUILLACE 1976, KOSSUTH et al. 1981) bestätigt.
Die Zusammensetzung der Terpenfraktion ist bei Nadelbäumen artspezifisch ausgeprägt. Darüber hinaus existieren zahlreiche Untersuchungen, die entsprechende Differenzen zwischen Herkünften, aber auch zwischen Individuen der gleichen Art nachweisen (FORREST 1979, 1981, PAULI 1982, RADWAN et al. 1975, 1978). GERHOLD und PLANK (1970) haben Monoterpenvariationen bei P. strobus und deren Bastarden untersucht und festgestellt, daß innerhalb der Hybriden eine hohe Variabilität besteht, daß aber die Hybridisierung die Terpenmuster nicht mehr verändert als beispielsweise die Selektion bestimmter Typen innerhalb der Art. Bei den eigenen Untersuchungen an Tannen und Tannenbastarden wurde festgestellt, daß die Nachkommen von interspezifischen Kreuzungen zum Teil ganz neue Terpenmuster aufweisen. So ergeben sich hinsichtlich der Monoterpenzusammensetzung häufig deutliche Unterschiede zu dem jeweiligen Mutterbaum und Ähnlichkeiten zu dem Vaterbaum, was als typisches Zeichen für Hybridcharakter angesehen werden kann (BONGARTEN und HANOVER 1982).
Voraussetzung für eine erfolgreiche Bastarddiagnose ist, daß die Populationen, aus denen die Elterbäume stammen, bekannt

und für Vergleichsmessungen verfügbar sind (HABECK und WEAVER 1969, HOUKAL 1976, HUNT und RUDLOFF 1979, KIM und KWON 1979, ZAVARIN et al. 1977b). Die Zuordnung von Bastarden zu bestimmten Elter-Kombinationen ist nur möglich, wenn von den Elterindividuen artreine Nachkommenschaften vorhanden sind und mit in die Monoterpenanalyse einbezogen werden können. Eine eindeutige Diagnose erfordert also die Monoterpenanalyse von Mutterbaum-, Vaterbaum- und gemeinsamer Bastardnachkommenschaft.

Die Interpretation von Analyseergebnissen ist dann einfach, wenn es sich um Nachkommenschaften solcher Arten handelt, deren Terpenmuster qualitative oder starke quantitative Unterschiede aufweisen. Besonders schwierig ist es, Nachkommenschaften aus dem Komplex A. grandis - A. concolor zu identifizieren (HOUKAL 1976, ZAVARIN et al. 1977b). Beide Arten bastardieren natürlich (GATHY 1957, FREDERICK 1977, DANIELS 1978) und unterscheiden sich im Monoterpenmuster nur quantitativ durch unterschiedliche CAM- bzw. B-PIN-Gehalte (RUDLOFF 1976). Verschiedene Halbgeschwister, die von einem gleichen Mutterbaum stammen, können zwar an ihren Monoterpenmustern als verschiedenartige Nachkommenschaften differenziert werden, eine eindeutige Zuweisung von Vaterbaumarten ist jedoch sehr schwierig. Aufgrund des außerordentlich hohen Heterozygotie-Grades von Waldbaumpopulationen und der starken genetischen Fixierung der Monoterpene (SQUILLACE 1976, TIGERSTEDT 1978, BERNARD-DAGAN und BARADAT 1977) kommt es bei jeder Individualkreuzung zu einem unterschiedlichen Aufspalten und Vererben der Monoterpenstrukturen. Aus diesem Grunde ergeben verschiedene Individualkreuzungen innerhalb der gleichen Artkombination NK mit unterschiedlichen Terpenstrukturen, ebenso reziproke Kreuzungen gleicher Individualkombinationen.

Zur Bastarddiagnose in der Gattung Abies können Monoterpenanalysen sowohl an Nadeln, Rinde oder Trieben durchgeführt werden. Zweijährige Nadeln werden bevorzugt, weil eine

größere Anzahl von Einzelterpenen nachgewiesen werden kann, womit sich die Identifizierungsschärfe erhöht und die Variation geringer als in den anderen Geweben ist.
Es ist nicht möglich, für eine bestimmte Artkombination ein charakteristisches Muster der Monoterpenverteilung anzugeben. Da man jedoch davon ausgehen kann, daß bekannt ist, von welchem Mutterbaum eine Nachkommenschaft stammt und welche Nachbarbäume als Pollenspender in Frage kommen können, läßt sich nach Monoterpenanalyse aller drei Nachkommenschaften in der Praxis mit hoher Sicherheit entscheiden, ob Hybridisierung stattgefunden hat oder nicht. Durch die Zuordnung der fraglichen Nachkommenschaften zu bekannten Kreuzungsnachkommenschaften mit Hilfe einer Diskriminanzanalyse (SOLOMON und KENLAN 1982) können Einflüsse verschiedener in Frage kommender Vaterbaumarten bestätigt oder ausgeschlossen werden. Insbesondere kann mit dieser Methode Erfolg bzw. Mißerfolg von Kreuzungsexperimenten zu einem sehr frühen Zeitpunkt beurteilt werden, indem die Nachkommenschaften hinsichtlich ihrer Monoterpenstruktur miteinander verglichen werden.

5.13 Morphologische Untersuchungen

Die Frage der Hybridisierung zweier Arten wird häufig an morphologisch-anatomischen Merkmalen behandelt und mit Hilfe eines Hybridindexes eindeutig geklärt (MANLEY 1972, PARKER und McLACHLAN 1978). Zur Untersuchung der zahlreichen Kreuzungsnachkommenschaften mußte in dieser Arbeit ein anderer Weg beschritten werden, weil ein Hybridindex sinnvoll immer nur für eine Kreuzungsfamilie entwickelt werden kann. Die diagnostische Eigenschaft der Merkmale wurde daher durch Häufigkeitsverteilungen und zweidimensionale Darstellungen geprüft.
Die Tannen und Tannenbastarde können mit Hilfe der untersuchten Nadelmerkmale eindeutig differenziert werden, allerdings eignen sich letztere je nach Ausprägung bei den Arten nicht gleich gut für diagnostische Zwecke. Das entspricht

Erfahrungen anderer Autoren (BONGARTEN und HANOVER 1982, DANIELS 1978, MARCET 1967, PARK et al. 1981, SILEN et al. 1965, FREDERICK 1977, HAMRICK und LIBBY 1972, MAZE und PARKER 1980, ROBINSON und THOR 1969).
Nadelfarbe, -form, -apex und -länge sind nicht nur bei den reinen Arten, sondern auch bei den verschiedenen Bastarden derartig unterschiedlich ausgeprägt und verteilt, daß eine Differenzierung auch innerhalb der Kreuzungsnachkommenschaften möglich ist. Für jede NK gibt es eine Kombination guttrennender Merkmale, selbst für die schwierig zu differenzierenden Komplexe der NK von A. grandis x A. concolor, bei denen Nadellänge, -form und -apex stark diskriminierende Funktion haben.
Die Bestimmung der Nadelfrischgewichte ergibt zwar eine gute Differenzierung zwischen den NK, ist allerdings mit gewissen methodischen Problemen verbunden. Die Frischgewichtsbestimmung ohne gleichzeitige Bestimmung der Hydratur der Zellen führt zwangsläufig zu Unterschieden, selbst wenn die äußeren Versuchsbedingungen konstant sein mögen.
Die Nadelzahl je 10 cm Trieblänge ist ein eindeutig zu bestimmendes Maß der Benadelungsdichte, das sehr gute Trenneigenschaft hat. Die Bestimmung des Faktors Nadel- zu Triebtrockengewicht ist aufwendig durchzuführen, liefert aber gute und stark differenzierende Ergebnisse. Noch aufwendiger zu bestimmen ist der Nadelquotient, der allerdings eine sichere Aussage über den Nadelmorphismus ermöglicht und in hohem Maße zur Trennung der NK beiträgt.
Dagegen ist die Bestimmung des Nadeltrockensubstanzgehaltes aufwendig, trägt zur Unterscheidung der NK aber nicht bei, weil alle Ergebnisse in sehr engen Grenzen (40-45% Trockensubstanzgehalt) streuen.
Die untersuchten Tannenbastard-Pollen sind in Größe und Gestalt sehr uneinheitlich und weisen im Gegensatz zu vielen anderen morphologischen Merkmalen keine intermediären Eigenschaften auf. Die morphologische Heterogenität von Bastardpollen wurde bereits am Beispiel der A. equi-trojani beschrieben (ATA 1975).

Reine Tannenarten unterscheiden sich in ihren Pollendimensionen stärker, allerdings streuen die eigenen Werte stark und weichen von den Ergebnissen, die EISENHUT (1961), KANTOR und CHIRA (1965) mitgeteilt haben, ab. DOBRINOW und GAGOW (1975) finden für A. alba je nach Herkunft stark variierende Werte, POPNIKOLA (1971) sogar innerhalb der gleichen Herkunft erhebliche individuelle Unterschiede.
Obwohl zur Artentrennung schon erfolgreich benutzt (BAGNELL 1975, JAESCHKE 1935), beschränken sich die Möglichkeiten, mit Hilfe pollenmorphologischer Untersuchungen eine Bastarddiagnose durchzuführen, allerdings darauf, bei einem fraglichen Baum Bastardeigenschaft zu bestätigen oder zu negieren.

5.14 Bestimmung der Pollenkeimfähigkeit

Voruntersuchungen im Rahmen einer Diplomarbeit (HEINING 1982) haben gezeigt, daß die Keimprüfungsergebnisse bei Bastard-Pollen stark von deren Reifezustand sowie von Art und Dauer der Lagerung abhängen. Für A. alba werden ähnliche Ergebnisse von POPNIKOLA (1971) und BEDA (1982) mitgeteilt.
Die Pollenernte wurde relativ früh - bei beginnender Pollenreife - durchgeführt, um für weitere Kreuzungsexperimente im gleichen Jahr möglichst frischen Pollen zur Verfügung zu haben. Die Keimfähigkeit des Bastardpollens wird dabei möglicherweise zu gering angegeben und steigt bei Vollreife bzw. nach wenigen Wochen Lagerzeit an.
Eine diagnostische Eigenschaft kann der hier durchgeführten Keimfähigkeitsbestimmung nicht zukommen.
Für die praktische Kreuzungsarbeit ist es jedoch wichtig, Kenntnis von der Keimfähigkeit des Pollens zu haben. Weil Bastardpollen nicht die hohe Keimfähigkeit von Pollen reiner Arten erreicht, hängt die Entstehung einer F_2-Generation vom Einsatz möglichst vitaler Pollen ab.
Eine Methode, die es durch rasche und häufige Analysen gestattet, den Zustand der Vollreife mit maximaler Keimfähigkeit zu

bestimmen, wäre daher sehr nützlich. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von CHING und CHING (1976), FOSTER und BRIDGWATER (1979) weisen die eigenen Untersuchungen darauf hin, daß die Leitfähigkeits- und Extinktionsmessung zur Lebensfähigkeitsbestimmung von Tannenpollen nur mit Einschränkungen anwendbar ist.
Mögliche Ursache der verschiedenen Ergebnisse ist eine unterschiedlich lange Lagerdauer des Pollens vor der Untersuchung. Bei einem Teilversuch mit Pollen, der 18 Monate bei -25°C gelagert war, konnten keine Korrelationen zwischen Keimung in vitro und Extinktion bzw. Leitfähigkeit mehr festgestellt werden (HEINING 1982).

5.15 Beurteilung der verschiedenen Diagnoseverfahren

Auf der Basis von Monoterpengehalten und Nadelmerkmalen können Hybrid- und Elterfamilien mit hoher Sicherheit unterschieden werden. Die Variation innerhalb der Familie bezüglich dieser Merkmale schließt eine positive Identifikation von Einzelindividuen aus (FOWLER 1980, GARRETT 1979). Eine erfolgreiche Bastarddiagnose setzt voraus, daß neben der Kreuzungsnachkommenschaft auch artreine NK der beteiligten Eltern untersucht werden.
Die Bestimmung der morphologischen Merkmale ermöglicht eine sichere Diagnose, ist aber zeit- und arbeitsintensiv und erst ab einem bestimmten Alter möglich. Die Monoterpenanalyse führt ebenfalls zu sicheren Diagnoseergebnissen, erfordert weniger Zeit- und Arbeitsaufwand und gestattet vor allen Dingen eine Diagnose bereits am zweijährigen Sämling, an dem die morphologischen Merkmale noch gar nicht alle erfaßt werden können.
Pigmentanalysen sowie morphologische und keimungsphysiologische Untersuchungen an Pollen sind als Routineverfahren zur Bastarddiagnose nicht geeignet, weil sie sehr arbeitsaufwendig sind und nur zu einer Differenzierung zwischen reinen Arten und Bastarden führen.

5.2 Charakterisierung luxurierender Tannen-Bastarde

5.21 Qualitative Merkmale von Plusbäumen

Im Jahre 1982 wurden im Zusammenhang mit der Höhen- und Durchmesseraufnahme qualitative Merkmale an den Tannenbastarden erhoben. Bei der Auswertung dieser Ergebnisse ist zu beachten, daß einzelne Merkmale stark von Standort und Behandlungsart beeinflußt wurden (Kronenform und -breite), andere dagegen schwierig anzusprechen waren (Stammklasse, Ästigkeit), weil z.T. nur wenige Individuen in den einzelnen NK vorhanden waren. Das Verfahren der Plusbaumauswahl nach phänotypischen Merkmalen darf daher nicht überbewertet werden. Es bewährt sich aber als Basis für die weitere Züchtungsarbeit, insbesondere wenn - wie vorgesehen und eingeleitet - eingehende Nachkommenschaftsprüfungen folgen.
Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen gilt für die Tannenbastarde folgende Charakterisierung: Die Schäfte sind durchgehend gerade, Zwieselbildungen kommen sehr selten vor. Da die Bastarde noch in der Hauptzuwachsphase sind, sind die Kronen schmal, spitz und tief angesetzt, was zu Kronenlängen von 1/2 - 2/3 Stammlänge führt. Obwohl teilweise sehr weitständig erwachsen, werden die Äste nur bei Randbäumen über 20 mm stark. Die Trockenastzone reicht bei allen NK noch weit am Stamm hinunter, die natürliche Astreinigung setzt im Alter von 30 Jahren allmählich ein und geht langsam voran. Die Äste sind i.d.R. waagrecht inseriert und sehr elastisch, was bei Schneeauflage zum Wegbiegen und Abrutschen der Schneelast führt. Die Rinde der Bastarde ist noch glatt, beginnende Borkenbildung ist erst bei wenigen Individuen festzustellen.

5.22 Wuchsleistung

Unter den gegebenen standörtlichen Voraussetzungen ist im Alter von 32 Jahren eine bedeutende Überlegenheit im Höhen- und Durchmesserwachstum der Bastarde gegenüber den NK der

reinen Arten vorhanden. Damit wird ein echter Heterosiseffekt (STERN 1956) wahrscheinlich, wie er für NK aus interspezifischen Kreuzungen häufig diskutiert wird (FOWLER 1980, GOTHE et al. 1980, KLAEHN und WINIESKI 1962, KORMUTAK 1979). Von dieser Feststellung muß die NK 500 ausgenommen werden. Zwar vital und gegenüber der Vaterbaum-NK (A. concolor) von überlegenem Wuchs, weist sie gegenüber der Mutterbaum-NK (A. grandis) kaum größere Höhe, aber deutlich geringeren Durchmesser auf. Da die NK 500 von allen NK am längsten im Dichtstand geblieben ist, kann nicht entschieden werden, ob die relativ geringe Wuchsleistung darauf oder auf genetische Ursachen zurückzuführen ist. Die heftige Reaktion im Höhenzuwachs nach der Durchforstung 1980 (92 cm durchschnittlich-jährlicher Zuwachs 1979-1982) könnte darauf hindeuten, daß die genotypischen Möglichkeiten zu erheblich besseren Leistungen auch bei dieser Nachkommenschaft vorhanden sind. Für vergleichbare Altersphasen berichten GATHY (1957) und SCHEPLITZ (1956) über ähnlich gute Wuchsleistungen von Tannenbastarden, während KISHIDA et al. (1974) keine überlegenen Wachstumsraten von F1-Hybriden fanden. Die anderen Berichte über Heterosiseigenschaften bei Nachkommen aus Tannenkreuzungen (ARBEZ und FERRANDES 1980, MERGEN et al. 1964, KLAEHN und WINIESKI 1974) können nicht verglichen werden, da sich deren Ergebnisse auf wesentlich jüngeres Material beziehen.

Die periodisch wiederholten Vergleiche der NK lassen erkennen, daß die Überlegenheit der Bastarde in Höhen- und Durchmesserentwicklung Maximalwerte im Alter 15 bzw. 16 Jahre erreicht und danach absinkt. Allerdings ist im Alter 32 Jahre immer noch eine Überlegenheit von rund 100% über die reinen Arten vorhanden. Mit zunehmender Beobachtungsdauer verbessert die einheimische Weißtanne ihre Position innerhalb der Arten und holt gegenüber den Bastarden etwas auf.

Die Frage, bis zu welchem Baumalter die Zuwachsüberlegenheit von Hybriden anhält, kann für die untersuchten Tannenbastarde nur dahingehend beantwortet werden, daß im Alter 32 die Überlegenheit klar vorhanden war. Damit sind aber noch keine Aussagen über das Leistungsverhältnis am Ende der Umtriebszeit eines Weißtannenbestandes und über die Produktionsdauer von Tannen-Bastard-Beständen möglich. Klarheit über das nachhaltige Ertragsvermögen der Bastarde und dessen standörtliche Bedingtheit ist nur durch die Anlage von Versuchsflächen mit langfristiger Zuwachsbeobachtung zu erlangen.
Zwischen der Höhe aller Klone einer NK im Alter 13 Jahre und ihren Höhen im Alter 14, 15, 28 und 32 Jahre bestehen enge lineare Beziehungen, die es ermöglichen, mit gewisser Sicherheit von der Höhe nach Sicherung der Kultur auf die Höhenentwicklung während der Jungwuchsphase zu schließen. Für Fichte und Lärche sind für die Alter 5 - 20 Jahre sehr ähnliche, in jüngeren Jahren sogar noch höher korrelierte Zusammenhänge gefunden worden (DIETZE 1980, GÄRTNER 1980, NILSSON 1974), die darauf hindeuten, daß man aus der Zuwachsleistung des Lebensabschnittes von Alter 10 bis 15 Jahre relativ sichere Schlüsse auf die erbliche Wuchsveranlagung ziehen kann (ROHMEDER und SCHÖNBACH 1959).

5.23 Phänologie

Die phänologische Entwicklung eines Baumes ist eine Funktion physiologischer Reaktionen auf Temperatur, Photoperiode und Niederschlag (KOSKI et al. 1982, THOMSON und MONCRIEFF 1981). Phänologische Beobachtungen an Tannen sind bisher vor allem im Zuge von Provenienzversuchen durchgeführt worden (LEIBUNDGUT und HELLER 1960, MAGNUSSEN 1982, RAU und WEISSGERBER 1982, SCHOLZ und STEPHAN 1982).
Beobachtungen des Austreibeverhaltens von Gipfel- und Seitenknospen bestätigen für die untersuchten NK die Erfahrung, daß der Austrieb der Gipfelknospe deutlich später als der der Seitenknospen erfolgt (LANGNER und STERN 1964, WALTERS und SOOS 1963).

Nach den vorliegenden Untersuchungen sind die Tannenbastarde als relativ spättreibende Populationen zu charakterisieren, was mit Beobachtungen von SCHEPLITZ (1956) an Nachkommen von A. concolor x A. grandis übereinstimmt. Die Bastarde verhalten sich im Austrieb ähnlich wie die spättreibenden Fichten. Sie reagieren auf Wärmeperioden im frühen Frühjahr zwar mit beginnender Knospenentwicklung, allerdings geht diese zögernd voran. So bleibt sehr lange ein Frostschutz aus Knospenschuppen und -häuten erhalten, insbesondere bei der Gipfelknospe, deren Austrieb für das Höhenwachstum und die unverzweigte Schaftform besonders wichtig ist. Trotz hoher Spätfrostgefährdung im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath sind bisher an den Tannen-Bastarden keine entsprechenden Schäden aufgetreten.

Das Höhenwachstum dauert bei Bastarden und Vergleichsbaumarten etwa gleich lange, auch zu anderen Koniferen ergeben sich keine Unterschiede (O'DRISCOLL 1978, ROHMEDER 1952). Die Differenzen von Jahr zu Jahr können mit dem Temperaturverlauf nicht erklärt werden, dafür ist der Einfluß anderer Standortsfaktoren zu groß. So ist z.B. die Wasserversorgung während der Vegetationsperiode für das Höhenwachstum besonders wichtig (ROHMEDER 1948).
Aus den Ergebnissen ist aber ersichtlich, daß für die Größe des jährlichen Höhenzuwachses bei Tannen-Bastarden nicht die Länge der Zuwachsperiode, sondern die Intensität des Höhenzuwachses in dieser Periode ausschlaggebend ist, und daß der Zeitpunkt des Austreibens nicht in Beziehung zum Gesamtwachstum steht. Diese Beobachtungen stimmen z.T. nicht mit den Ergebnissen anderer Autoren überein. KLEINSCHMIT et al. (1981) weisen für Fichte darauf hin, daß bei den meisten Untersuchungen ein früher Austrieb auch eine größere Höhe ergab. Ebenfalls für Fichte stellt GIERTYCH (1981) fest, daß das Gesamtwachstum in erster Linie von der Dauer der Sproßstreckung abhängt. RECK (1972) differenziert seine Ergebnisse bezüglich

Austreibeverhalten und Wuchseigenschaften bei Fichten aus einem Kreuzungsversuch dahingehend, daß bessere Wuchsleistungen bei Frühtreibern in bestimmten Jahren auf die Länge der Wuchsperiode, bei Spättreibern auf höhere Wachstumsintensität zurückzuführen sind.
Vergleiche zwischen Dauer des Höhenwachstums und Länge der Vegetationszeit zeigen, daß das Höhenwachstum immer früher beendet ist, die zeitliche Differenz jedoch von Jahr zu Jahr schwankt. Die Tannen-Bastarde verhalten sich relativ einheitlich und zeichnen sich in allen Jahren gegenüber den Vergleichspopulationen durch erheblich längere Vegetationszeiten aus. Trotz des späten Vegetationsabschlusses wurde in der Vergangenheit an Tannen-Bastarden kein Frühfrostschaden registriert.
Die Boniturergebnisse für den Vegetationsabschluß des Jahres 1982 deuten an, daß die verwendeten Merkmale im Gegensatz zur Fichte (SAUER-STEGMANN et al. 1978) für Tannen-Bastarde nicht gleich gut zu verwenden sind. Die Tannenknospen behalten zum Teil eine dunkelolivgrüne Farbe und sind durch Harz so stark verkrustet, daß ein Fortschritt bei der Differenzierung nur schwer beobachtet werden kann.

A. alba im Freiland verhielt sich sehr unterschiedlich in den beobachteten Jahren, vor allem im Jahr 1981 völlig entgegen den Erwartungen. Da die Weißtannen erst 1978 auf die Fläche gepflanzt worden waren, besteht die Möglichkeit, daß sie den Verpflanzungsschock noch nicht überwunden hatten bzw. noch nicht angepaßt waren und die widersprüchlichen Beobachtungen die bekannte Empfindlichkeit beim Anbau auf Freiflächen, noch dazu in Spätfrostlagen, zum Ausdruck bringen.

5.24 Stecklingsvermehrung

Die Versuche haben gezeigt, daß Stecklinge von 30j. Tannenbastarden grundsätzlich erfolgreich zu bewurzeln sind. Der Bewurzelungserfolg ist - ähnlich wie bei anderen Baumarten

(BECKER und NEUMANN 1981, JOHN 1979, KLEINSCHMIT et al. 1973, 1976, KLEINSCHMIT 1977, KOBERT 1979, SPETHMANN 1982) - von Alter und individuellen Eigenschaften des Mutterbaumes, vom Erntetermin und von Wuchsstoffbehandlung abhängig. Die Bewurzelungsgeschwindigkeit ist im Vergleich zu anderen Gattungen (z.B. Picea) gering.
Bei gegebenem Substrat (Kies) ist die Wuchsstoffapplikation förderlich, allerdings abhängig vom Termin. Hierbei zeigt sich, daß zusammen mit dem bewährten Bewurzelungsmittel IEK in Talkum (KLEINSCHMIT et al. 1973) die Wuchsstoffe in alkoholischer bzw. Acetonlösung wirkungsvoller waren als das von HEITMÜLLER (1951) mit Erfolg bei A. nordmanniana und A. grandis verwendete alpha-naphtylessigsaure Kalium. Die von BECKER und DAUTZENBERG (1980) beschriebenen Gewebeschäden an der Stecklingsbasis bei der Verwendung alkoholischer Lösungsmittel traten infolge der kurzen Einwirkungsdauer nicht auf.
Schäden an den Stecklingen wurden nur direkt unter den Nebelsprühdüsen registriert. Die Stecklinge wurden dort regelrecht einzementiert, weil das kalkreiche Tropfwasser schnell zu einem Verbacken des Kieses führte.
Die verschiedenen Bewurzelungsergebnisse zu den Terminen im Februar weisen deutlich darauf hin, daß sich die Mutterpflanzen in allen drei Jahren in jeweils unterschiedlichem Entwicklungszustand befanden und die künstliche Wuchsstoffapplikation in Abhängigkeit vom natürlichen Hormonhaushalt mehr oder weniger erfolgreich zur Steigerung der Wurzelrate beigetragen hat. Die allgemein übliche Angabe von Datum und Jahreszeit für Schneiden und Stecken der Reiser ist daher unzureichend. FRÖHLICH (1959) hat bereits vor 25 Jahren gefordert, die Versuchsdaten durch phänologische Beobachtung an Weiserpflanzen zu ergänzen bzw. die Wuchsstoffkonzentration der Steckreiser zu messen und danach die künst-

liche Zufuhr schnell wirksamer synthetischer Wuchsstoffe zu dosieren.
Im Gegensatz zu HOCEVAR (1983) wird bei den eigenen Versuchen beobachtet, daß die mit Wuchsstoff behandelten Stecklinge nicht nur eine doppelt so gute Bewurzelung zeigen wie die unbehandelten, sondern auch eine bessere Intensität der Bewurzelung. Möglicherweise sind die unterschiedlichen Ergebnisse durch Verwendung verschiedener Substrate bedingt.
Ein positiver Zusammenhang zwischen Wurzelrate und durchschnittlicher Anzahl von Hauptwurzeln wird auch von MILLER et al. (1982) für A. fraseri angegeben.

Ganz wesentlich für den Erfolg der Stecklingsbewurzelung sind die Eigenschaften des einzelnen Klones (FRÖHLICH 1959, KLEINSCHMIT et al. 1973, 1976, SCHNECK 1980). Innerhalb der NK gibt es Klone mit guten und mit schlechten Bewurzelungseigenschaften, insgesamt unterscheiden sich die NK erheblich in der Anzahl gut bewurzelbarer Klone. In den NK wurden die Klone, die über 51 bzw. 75% Bewurzelung aufweisen, ausgelesen und für die weitere Vermehrung vorgesehen. Für jede NK gibt es eine optimale Termin-Wuchsstoffkombination, die bei zukünftigen Versuchen beachtet werden muß.

Über die weitere Entwicklung der Stecklinge hinsichtlich Wachstum und insbesondere Habitusentwicklung kann keine endgültige Aussage gemacht werden. Es ist jedoch nicht sicher, daß nach Ablauf der normalen Anzuchtphase (4 Jahre) die Primär-Stecklinge von 30jährigen Tannenbastarden die gewünschte Form und den orthotropen Wuchs zeigen. Zur Überwindung dieses Topophysis-Effektes werden die Stecklinge im Anzuchtquartier aufgebunden. Darüber hinaus besteht die Aussicht, bessere Wuchsformen zu erreichen, wenn von den Primär-Stecklingen frühzeitig (Alter 3 - 5 Jahre) erneut - sekundär - Stecklinge geworben werden (WEISGERBER 1983).

Auf eine differenzierte Bonitierung verschiedener Merkmale an Stecklingen (Reaktion auf Wuchsstoffbehandlung, Kallusbildung, Länge und Verzweigung der Wurzeln) kann für die

Tannenbastarde verzichtet werden. Wenn nämlich ein Schwellenwert bei der Wurzelausbildung (z.B. 50% Wurzelrate und zwei Hauptwurzeln) überschritten ist, hängen Überlebenschance und Qualität der Stecklinge in erster Linie von optimaler Gestaltung der weiteren Kulturmaßnahmen (Überwinterung, Verschulung, Düngung, Aufbinden etc.) ab. Vergleichbare Feststellungen traf SPETHMANN (1982) für Laubhölzer.

5.3 Weitere Züchtungsarbeit mit Tannen-Bastarden

Im Zuge dieser Arbeit wurden Methoden zur Diagnose von Kreuzungsnachkommenschaften aufgezeigt und wichtige Merkmale von bisher bewährten Bastarde charakterisiert. Einige Probleme, die nicht bearbeitet bzw. gelöst werden konnten, zeigen Ansatzpunkte für weitere Arbeiten mit den Tannen-Bastarden auf.
Die Wuchsüberlegenheit kann nur durch umfassende gaswechselphysiologische Untersuchungen ergründet werden, die ausgelesenen Plusbäume müssen auf Versuchsflächen in verschiedenen Wuchsgebieten hinsichtlich Ertragsleistung und Resistenzeigenschaften getestet werden. Dazu ist es erforderlich, die Möglichkeiten der vegetativen Vermehrung weiter zu erforschen. Zweckmäßigerweise sollten die Bemühungen darauf abzielen, die Meristemvermehrung von Tannen zur Praxisreife zu entwickeln. Mit Hilfe dieser Vermehrung wird es vermutlich möglich sein, die störenden Auswirkungen von Topophysis und Cyclophysis zu reduzieren.
Weitere Kreuzungen in bisher bewährten und neuen Art- und Individualkombiantionen führen zu einer Verbreiterung der Basis für die Auslesezüchtung und sollten - wann immer möglich - durchgeführt werden. Dabei sind bereits frühzeitig die wüchsigen NK vegetativ zu vermehren. In das Kreuzungsprogramm sollten auch Rückkreuzungen mit den vorhandenen Bastarden aufgenommen werden, weil es aufgrund des heterozygoten Ausgangsmaterials auch zu Leistungssteigerungen in der F2-Generation kommen könnte.

6. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen zur Diagnose von Tannenbastarden mit Hilfe biochemischer, morphologischer und keimungsphysiologischer Merkmale durchgeführt. Bei erfolgreichen Kreuzungsnachkommenschaften sind einige jener Eigenschaften charakterisiert worden, die für Probeanbau und waldbauliche Tauglichkeit Bedeutung haben. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Für Diagnosezwecke sehr gut geeignet sind Monoterpenmuster und nadelmorphologische Merkmale wie Nadelfarbe, Nadelform, Nadellänge, Nadelapex, Nadelzahl und Nadelquotient. Nur relativ geringen Arbeitsaufwand erfordert die gaschromatographische Analyse der Terpengehalte, die bereits an zweijährigen Sämlingen erfolgreich angewendet werden kann.
2. Die Verifizierung des Hybridcharakters von Nachkommenschaften ist relativ einfach durch Vergleich der Merkmale von Hybriden und beteiligten reinen Arten möglich.
3. Hohe Variation und heterozygote Veranlagung bezüglich der Terpengehalte und Nadelmerkmale innerhalb der Arten schließen eine positive Identifikation von Einzelindividuen aus. Die eindeutige Zuordnung von Kreuzungsnachkommenschaften zu einer Elterkombination ist nur möglich, wenn neben den Bastarden auch artreine Nachkommen des Mutter- und Vaterbaumes untersucht werden.
4. Geringere Informationen für Diagnosezwecke liefern Analysen der Nadelfarbstoffe sowie morphologische und keimungsphysiologische Untersuchungen an Pollen. Zwar kann Hybridcharakter an jedem dieser Merkmale nachgewiesen werden, Unterscheidung verschiedener Hybriden und Zuordnung zu Elterkombinationen sind aber nicht möglich

5. Aus den Kreuzungen A. concolor x A. veitchii, A. concolor x A. procera, A. veitchii x A. alba, A. concolor 2 x A. grandis 1, A. grandis 1 x A. concolor 2 und aus drei verschiedenen Nachkommenschaften von frei abgeblühten A. concolor wurden 496 Plusbäume ausgewählt und beschrieben. Diese wuchskräftigen und gesunden Bastarde haben gerade, durchgehende Stämme und lange, schmale, spitze Kronen. Ihre natürliche Astreinigung geht langsam voran, die Trockenastzone beginnt in 2 - 3 m Höhe, der Anteil grober Äste ist sehr gering.

6. In der Höhen- und Durchmesserentwicklung sind die Bastarde den reinen Arten weit überlegen. Nur A. grandis kann mit der Nachkommenschaft A. grandis 1 x A. concolor 2, die innerhalb der Bastarde die geringsten Wuchsleistungen zeigt, mithalten. Die relative Überlegenheit der Bastarde über A. alba erreicht im Alter 15 - 16 ein Maximum, sinkt danach ab und entspricht im Alter 32 etwa doppelter Wuchsleistung.

7. Tannenbastarde treiben im Verhältnis zu mitbeobachteten Vergleichsbaumarten spät aus, erreichen nach gleichlanger Höhenwachstumsperiode größere Zuwachsraten und haben eine rund vier Wochen längere Vegetationszeit.

8. Vegetative Vermehrung 30jähriger Tannenbastarde mit Stecklingen ist grundsätzlich möglich. Wuchsstoffapplikation zum richtigen Zeitpunkt erhöht das Bewurzelungsergebnis erheblich, allerdings ist nicht sicher, ob die Stecklinge nach Ablauf der normalen Anzuchtphase die negativen Auswirkungen des Topophysiseffektes überwunden haben.

7. Literaturverzeichnis

ALVAREZ, M.N. , ASCHER, P.O. , DAVIS, D.W. (1981) : Interspecific hybridization in Euphaseolus through embryo rescue. Hort. Sci. 16(4) : 541-543.

ANDERSON, E. (1949) : Introgressive hybridization. Wiley, New York.

ARBEZ, M. und FERRANDES, P. (1980) : Intraspecific Variation in Greek Fir. Exkursionsführer der C.N.R.F. Amance/Nancy.

ATA, C. (1975) : Verbreitung und waldbauliche Eigenschaften von Abies equi-trojani Aschers et Sint. Dissertation Orman Fakultesi Istanbul.

BAGNELL, C.R. (1975) : Species Distinction among Pollen Grains of Abies, Picea and Pinus in the Rocky Mountain Area. Review of Paleobotany and Palynology 19 : 203-220.

BECKER, A. und DAUTZENBERG, H. (1980) : Wuchsstoffträger im Test. Deutsche Baumschule 1 : 10-12.

BECKER, A. und NEUMANN, H. (1981) : Beitrag zur Stecklingsvermehrung von Sequoiadendron giganteum. Deutsche Baumschule 7 : 312-315.

BEDA, H. (1982) : Der Einfluß einer SO_2-Begasung auf Bildung und Keimkraft des Pollens von Weißtanne, Abies alba (Mill.) Mitteilungen der Eidgenössischen Anstalt für das Forstliche Versuchswesen 58 (2).

BERNARD-DAGAN, C. und BARADAT, Ph. (1977) : Utilisation des terpenes comme outil en genetiques Forestière. EEC Symposium on Forest Tree Biochemistry, Brüssel.

BLACK, C.C. und MAYNE, B.C. (1970) : P_{700} activity and chlorophyll content of plants with different photosynthetic carbon dioxide fixation cycles. Plant Physiol 45 : 738-741.

BOARDMAN, N.K. (1977) : Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annu.Rev. Plant Physiol. 28 : 355-377.

BONGARTEN, B.C. und HANOVER, J.W. (1982) : Hybridization Among White, Red, Blue, and White x Blue Spruces. Forest Sci. 28(1) : 129-134.

BROWN, A.G. (1972) : The role of the hybrid in forest tree breeding, IUFRO Genetics-SABRAO Joint Symposia (Tokyo, Japan) C-1(I) : 1-12.

CHING, T.M. und CHING, K.K. (1976) : Rapid viability tests and aging study of some coniferous pollen. Can. J. Forest Res. 6 : 516-522.

CZYGAN, F.C. (1980) : Pigments in Plants. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York.

DALGAS, K.F. (1973) : Anatomical Studies on cuttings of Norway spruce (Picea abies Karst.) undergoing the rooting process. Forest Tree Improvement 5.

DANIELS, J.D. (1978) : Hybridity of southern Oregon white fir populations. Proceedings of the IUFRO joint meeting of working parties, Vancouver, Canada, II : 387-390.

DIETZE, W. (1980) : Möglichkeiten und Anwendungen praxisbezogener Forstpflanzenzüchtung, dargestellt am Beispiel der Baumart Lärche. AFZ 26 : 682-684.

DOBRINOW, J. und GAGOW (1975) : Study on the pollen of A. alba in Bulgaria. Nauchni Trudove, Vissh. Lesotehkn, Inst. Sofiya 20 : 9-16.

ECHOLS, R.M. und MERGEN, F. (1956) : Germination on Slash Pine Pollen in Vitro. Forest Science 2 : 321-327.

EISENHUT, G. (1961 (: Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. Beiheft zum FWCBl. 15.

FERET, P.P. et al. (1980) : Chromatographic analysis of Pinus rigida x taeda hybrids and their parents. Silvae genetica 29 (3-4) : 155-157.

FINK, S. (1980) : Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen von Sproß- und Wurzelanlagen im Stammbereich von Laub- und Nadelbäumen. AFJZ 151 : 160-197.

FORREST, G.I. (1979) : Monoterpen variation in lodgepole pine (Pinus contosta) and scots pine (Pinus sylvestris). Proc. Conf. Biochem. Genet. For. Trees, Umea, Sweden.

FORREST, G.I. (1981) : Geographical variation in oleoresin monoterpene composition of Pinus contorta from natural stands and planted seed collections. Biochem. Syst. Ecol. 9 : 97-103.

FOSTER, G.S. und BRIDGWATER, F. (1979) : Viability Tests to Evaluate Pollen Reliability in Loblolly Pine Controlled Pollinations. Forest Science 25 : 270-274.

FOWLER, D.P. (1980) : Hybridization of Black Spruce and SERBIAN Spruce. Maritimes Forest Research Centre. Fredericton, New Brunswick. Information Report M-X 112.

FREDERICK, D.J. (1977) : An Intergrated Population of Abies gradis - Abies concolor in Central Idaho and its Relation to Decay. Silvae Genetica 26(1) : 8-10.

FRÖHLICH, H.J. (1959) : Grundlagen und Voraussetzungen der autovegetativen Vermehrung. Silvae Genetica 8 : 49-58.

FRÖHLICH, H.J. (1964) : Pollenbank und Pollenkeimung. FuHW 19(9) : 1-3.

GÄRTNER, E.J. (1980) : Beiträge zur Beurteilung der Jugendentwicklung von Fichtenprovenienzen. Mitteilungen der Hess. Landesforstverwaltung 15.

GARRETT, P.W. (1979) : Species Hybridization in the Genus Pinus. Forest Service Research Paper NE-436. Northeastern Forest Experiment Station, Bloomall.

GATHY (1957) : A propos de l'hybride natural Abies concolor (Gord.) Engelm. x Abies grandis Lindl. Silvae Genetica 6 : 186-190.

GERHOLD, H.D. und PLANK, G.H. (1970) : Monoterpene Variations in Vapors from White Pines and Hybrids. Phytochemistry 9 : 1393-1398.

GIERTYCH, M. (1981) : Characterization of Plant Material. Bericht der IUFRO-Tagung, Freiburg. In: AFZ 36 (9/10) : 187-189.

GOTHE, H. , SCHOBER, R. und BORK, H. (1980) : Ein Kreuzungsversuch mit Larix europaea D.C. Herkunft Schlitz und Larix leptolepis Gord. 6. Mitteilung, AFJZ 151 : 101-112.

GROSS, U. und HETTERSHEIMER, W. (1982) : Vergleichende Gaswechselmessungen an schnell und langsam wachsenden 18jährigen Fichten unterschiedlicher geographischer Provenienz. Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft. 2. Arbeitstagung Universität Göttingen.

HABECK, J.R. und WEAVER, T.W. (1969) : A chemosystematic analysis of some hybrid spruce (Picea) populations in Montana. Can. J. Bot. 47 : 1565-1570.

HAGER, A. und MEYER-BERTENRATH, T. (1966) : Die Isolierung und Quantitative Bestimmung der Carotinoide und Chlorophylle von Blättern, Algen und isolierten Chloroplasten mit Hilfe Dünnschichtchromatographischer Methoden. Planta 69 : 198-217.

HAMRICK, J.L. und LIBBY, W.J. (1972) : Variation and selection in western US montane species. I. White Fir. Silvae Genetica 21(1/2) : 29-35.

HANOVER, J.W. (1971) : Genetics of Terpenes. II. Genetic Variance and Interrelationships of Monoterpene Concentrations in Pinus Monticola. Department of Forestry, Michigan State University. Heredity 27 : 237-245.

HEINING, B. (1982) : Untersuchungen zu Morphologie und Keimfähigkeit von Pollen innerhalb der Gattung Abies. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftl. Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

HEITMÜLLER, H.H. (1951) : Untersuchungen über die Wirkung synthetischer Wuchsstoffe auf die Stecklingsbewurzelung bei Waldbäumen. Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung 1 : 100 - 107.

HERMANN, R.K. und BIROT, Y. (1978) : Geographic variation of morphological and anatomic charakteristics of Grand Fir. Proceedings of the IUFRO Joint meeting , Vancouver, Canada. II : 367-386.

HINESLEY, L.E. und BLAZICH, F.A. (1980) : Vegetative Propagation of Abies fraseri by Stem Cuttings. Hort Science 15(1) : 96-97.

HINESLEY, L.E. und BLAZICH, F.A. (1981) : Influence of post-severance treatments on the rooting capacity of Frazer fir stem cuttings. Can. J. For. Res. 11 : 316-323.

HITZER, B. (1979) : Untersuchungen über Frosthärte (Zellsaftkonzentration) und Holzfestigkeit von interspezifischen Tannenbastarden und beteiligten Elternarten. Diplomarbeit Forstwissenschaft. Fakultät München.

HOCEVAR, M. (1983) : Vegetative Vermehrung der Weißtanne (Abies alba, Mill.) mit Stecklingen. Forstw. Cbl. 102 : 55-62.

HOUKAL, D.J. (1976) : Terpene and morphological variation in the grand fir hybrid complex. Dissertation Univ. Idaho, Moscow. ID, USA.

HRUTFIORD, B.F. , HOPLEY, S.M. und GARA, R.J. (1974) : Monoterpenes in sitka spruce: within tree and seasonal variation. Phytochemistry 13 : 2167-2170.

HSIN, L.Y. (1972) : Karyotype analysis of the genus Abies. Dissertation Abstracts International B, 33(5) : 1875-1876.

HUNT, R.S. und von RUDLOFF, E. (1973) : Chemosystematic studies in the genus Abies. I. Leaf and twig oil analysis of alpine and balsam firs. Can. J. Bot. 52 : 477-487.

HUNT, R.S. und von RUDLOFF, E. (1979) : Chemosystematic studies in the genus Abies. IV. Introgression in Abies lasiocarpa and Abies bifolia. Taxon 28(4) : 297-305.

IDA, K. (1981) : Eco-Physiological Studies on the Response of Taxodiaceous Conifers to shading, with Special Reference to the Behaviour of Leaf Pigments. I. Distribution of Carotenoids in Green and Autumnal Reddish Brown Leaves of Gymnosperms. Bot. Mag. Tokyo 94 : 41-54.

JAESCHKE, J. (1935) : Zur Frage der Artdiagnose der Pinus silvestris, Pinus Montana und Pinus cembra durch variationsstatistische Pollenmessungen. Beiheft zum bot. Centralblatt 52/B : 622-633.

JAIN, K.K. (1976) : Introgressive hybridization in the west Himalayan silver firs. Silvae Genetica 25(3/4) : 107-109

JESTAEDT, M. (1979) : Untersuchungen über die Jugendentwicklung von Douglasienprovenienzen in Hessen und mögliche züchterische Folgerungen. Dissertation Fortwissenschaftl. Fakultät München.

JOHN, A. (1979) : Propagation of hybrid larch by summer and winter cuttings. Silvae Genetica 28(5-6) : 220-225.

KANTOR, J. und CHIRA, E. (1965) : Variabilität der Pollengröße bei einigen Arten von Abies. Sborn Vysoke Skoly Zemed, Brno (Rada C) 3 : 165-178.

KIM, Ch. S. und KWON, K.W. (1979) : Monoterpene compositions of Pinus rigida x taeda and the parent trees and their utility on the hybridity study. The Research Report of the Institute of Forest Genetics 15 : 21-35. Suwon, Korea.

KISHIDA, A. , MANABE, T. und YANAGISAWA, T. (1974) : Growth analysis of interspecific hybrids both with the Abies and Picea genera. Annual Report of the Hokkaido Branch, Government Forest Experiment Station Sapporo, Japan : 39-44.

KLAEHN, F.U. und WINIESKI, J.A. (1962) : Interspecific Hybridization in the Genus Abies. Silvae Genetica 11 : 130-142.

KLEINSCHMIT, J. , MÜLLER, W. , SCHMIDT, J. und RACZ, J. (1973) : Entwicklung der Stecklingsvermehrung von Fichte zur Praxisreife. Silvae Genetica 22(1-2) : 4-15.

KLEINSCHMIT, J. , SCHMIDT, J. und SAUER, A. (1976) : Versuche zur Stecklingsvermehrung von Douglasien. Forstarchiv 47(11) : 226-231.

KLEINSCHMIT, J. (1977) : Probleme bei der vegetativen Vermehrung. AFJZ 148(5) : 81-86.

KLEINSCHMIT, J. , LUNDERSTÄDT, J. und SVOLBA, J. (1981) : Charakterisierung von Fichtenklonen (Picea abies Karst.) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Merkmale (III). Silvae Genetica 30(4-5) : 122-127.

KOBERT, H. (1979) : Vegetative Vermehrung von Waldbäumen durch Triebstecklinge. Berichte der Eidgenossischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen 201.

KOCH, W. (1976) : Blattfarbstoffe von Fichte (Picea abies (L.) Karst.) in Abhängigkeit vom Jahresgang,Blattalter und -typ. Photosynthetica 10(3) : 280-290.

KORMUTAK, A. (1979) : Artificial hybridization of some Abies species. Biologia (Bratislava)34(4) : 311-319.

KOSKI, V. und SELKÄINAHO, J. (1982) : Experiments on the joint effect of heat sum and photoperiod on seedlings of Betula pendula. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 105.

KOSSUTH, S.V. et alii (1981) : Effects of sand pine scion on monoterpene composition of slash pine rootstocks. Can.J. For. Res. 11 : 857-859.

LANG, K.J. (1976) : Unterschiede in der Monoterpenzusammensetzung des Harzes einjähriger Lärchenzweige. Forstw. Cbl. 95 : 142-147.

LANGNER, W. und STERN, K. (1964) : Untersuchungen über den Austriebstermin von Fichten und dessen Beziehungen zu anderen Merkmalen. AFJZ 135 : 53-60.

LANGNER, W. und RECK, S. (1966) : Vergleichende Untersuchungen über das Holz von Larix decidua Mill., Larix leptolepis Gord. und deren Hybriden. Holzforschung 20(6) : 192-199.

LEHNINGER, A.L. (1975) : Biochemie. Verlag Chemie, Weinheim.

LEIBUNDGUT, H. und HELLER, H. (1960) : Photoperiodische Reaktion, Lichtbedarf und Austreiben von Jungpflanzen der Tanne (Abies alba Miller). Beiheft zu den Zeitschr. des Schweiz. Forstv. 30 : 185-198.

LICHTENTHALER, H.K. et alii (1981) : Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure and leaf charakteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. Photosynthesis Res. 2 : 115-141.

LINDER, S. (1972) : Seasonal Variation of Pigments in Needles. A Study of Scots Pine and Norway Spruce Seedlings Grown under Different Nursery Conditions. Studia Forestalia Suecica 100.

LINSKENS, H.F. (1955) : Pollen. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie, Springer-Verlag. Hamburg-New York.

LIU, T.S. (1976) : The Genus Abies Part II. Quarterly Journal Taiwan Mus (Taipei) 29(1-2) : 217-276.

LØFTING, E. (1954) : Danmarks aedelgranproblem, 1. del Proveniensvalg. Forstl. Forsøgrv. Danm. 21 : 337-382. (1959) 2. del Anbaubedingungen für Abies alba (Mill.) und Abies nordm (Spach) in Dänemark. Forstl. Forsøgsv. Danm. 26 : 1-249.

LUTZ, G. (1979) : Vergleichende Untersuchung über die Wuchsleistung und Qualität von Tannenbastarden im Forstlichen Versuchsgarten Grafrath. Diplomarbeit, Fachbereich Forstwissenschaft der Ludwig-Maximilians-Universität München.

MAGNUSSEN, S. (1982) : Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß von Überschirmungen auf die Frostgefährdung von Weißtannen und Küstentannen. AFJZ 153(7) : 128-135.

MANLEY, S.A.M. (1972) : The occurence of hybrid swarms of red and black spruces in Central New Brunswick. Can. J. Forest Res. 2 : 381-391.

MANLEY, S.A.M. und LEDIG, F.T. (1979) : Photosynthesis in black and red spruce and their hybrid derivatives: ecological isolation and hybrid adaptive inferiority. Can. J. Bot. 57 : 305-314.

MARCET, E. (1967) : Über den Nachweis spontaner Hybriden von Pinus mugo Turra und Pinus silvestris L. aufgrund von Nadelmerkmalen. Berichte der Schweiz. Bot. Gesellschaft 77 : 315-360.

MATSCHKE, J. und SCHNECK, H. (1981) : Physiologische Grundlagen als Voraussetzung für die vegetative Vermehrung von Betula pendula Roth. Beiträge f.d. Forstwirtschaft 2 : 90-104.

MAZE, J. und PARKER, W.H. (1980) : Morphological and anatomical Implications concerning the Relationships of Abies-procera to Abies-magnifica Pinaceae. Dep. Bot., University of British Columbia: Vancouver B.C., Canada

MAZE, J. , PARKER, W.H. und BRADFIELD, G.E. (1980) : Generation-dependent patterns of variation and population differentiation in Abies amabilis and A. lasiocarpa (Pinaceae) from north-coastal British Columbia. Can. J. Bot. 59 : 275-282.

MEHRA, P.N. (1976) : Conifers of the Himalayas with particular reference to the Abies and Juniperus complexes. Nucleus 19(2) : 123-139.

MERGEN, F. , BURLEY, J. und SIMPSON, B. (1964) : Artificial Hybridization in Abies. Der Züchter 34(6/7) : 242-251.

MILLER, L.P. (1973) : Photochemistry I: The Process and Products of Photosynthesis. VAN Nostrand Reinhold Company. New York.

MILLER, N.F. , HINESLEY, L.E. und BLAZICH, F.A. (1982) : Propagation of Fraser fir by stem cuttings: Effects of Type of Cutting, Length of Cutting, and Genotype. Hort. Science 17(5) : 827-829.

MORALES, D. et alii (1982) : Altitudinal Effects on Chlorophyll and Carotinoid Concentration in Gymnosperm Leaves. Photosynthetica 16(3) : 362-372.

MORRIS, R.W. , CRITCHFIELD, W.B. und FOWLER, D.P. (1980) : The putative Austrian x red pine hybrid: a test of paternity based on allelic variation at enzyme-specifying loci. Silvae Genetica 29(3/4) : 93-100.

MOULALIS, D. (1971) :Untersuchungen über das Austreibeverhalten der Baumart Fichte (Picea abies (L.) Karst.) in Bayern und die Züchtung auf Spätfrost-Resistenz. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität.

NILSSON, B. (1974) : Heterosis in an intraspecific hybridization experiment in Norway Spruce (Picea abies). Proceedings, Joint IUFRO Meeting, S.02.04 : 1-3. Stockholm.

O'DRISCOLL, J. (1978) : Six-Year phenological study of thirty-two IUFRO provenances of Douglas-fir. Proc. of the IUFRO joint meeting, Vancouver, Canada, I : 265-296.

OWUOR, J.B.O. und VOSSEN, H.A.M. van der (1981) : Interspecific hybridization between Coffea arabica and tetraploid C. canephora P. ex Fr. I. Fertility in F1 hybrids and backcrosses to C. arabica. Euphytica 30(3) : 861-866.

PARK, M.H. , YUN, Y. und JHUN, K.S. (1981) : Morphological Characteristics of Pinus taeda x P. rigida F1 at Seedling Stages. Research Report Institute of Forest Genetics 17 : 1-51. Suwon, Korea.

PARKE, R.V. (1959) : Growth periodicity and the shoot tip of Abies concolor. Amer. Jour. Bot. 46(2) : 110-118

PARKER, E.L. (1963) : The geographic overlap of Noble Fir and Red Fir. Forest Science 9(2) : 207-216.

PARKER, W.H. und McLACHLAN, D.G. (1978) : Morphological Variation in White and Black Spruce. Investigation of Natural Hybridization between Picea glauca and Picea mariana. Canadian Journal of Botany 56(20) : 2512-2520.

PARKER, W.A. et alii (1979) : Analysis of variation in leaf and twig characters of Abies lasiocarpa and A. amabilis from north-coastal Britisch Columbia. Can. J. Bot. 57 : 1354-1366.

PAULE, L. (1982) : Untersuchungen zum Wachstum slowakischer Rotbuchenprovenienzen (Fagus sylvatica L.) Silvae Genetica 31(4) : 131-136.

PAULI, A. (1982) : Gaschromatographische Untersuchungen bei Pinus mugo.Diplom-Arbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

PAVARI, A. (1951) : Esperienze e indagini su le provenienze e razze dell' abete bianco (Abies alba Mill.) Pubbl.d. stazione sper. di selvicultura Firenze 8.

PISTOR, C. (1977) : Über die mögliche Bedeutung von Phenolkörpern in Fichtennadeln für Klonidentifikation und Insektenernährung. Forstarchiv 48 : 137-139.

POPNIKOLA, N. (1971) : Investigation of morphological and physiological features of the pollen of silver fir (Abies alba Mill.) in connection with its hybridization. Sumarski List 95(9/10):291-308.

PRAVDIN, L.F. (1972) : Principles governing intraspecific variation in pine (Pinus L.) and spruce (Picea Dietr.). Pushkino, USSR. In: Dokl. uchenykh - uchastnikow Mezhdunar. porod : 16-25.

RADWAN, M.A. (1972) : Differences between Douglas-fir genotypes in relation to browsing preference by black-tailed deer. Can. J. For.Res. 2 : 250-255.

RADWAN, M.A. und ELLIS, W.D. (1975) : Clonal Variation in monoterpen hydrocarbons of vapors of Douglas-fir foliage. Forest Science 21 : 63-67.

RADWAN, M.A. und Crouch, G.L. (1978) : Selected chemical constituents and deer browsing preference of Douglas-fir. J. Chem. Ecol. 4 : 675-683.

RAU, H.M. und WEISGERBER, H. (1982) : The international Abies grandis provenance trials in Hesse - results during the establishment phase. Der internationale Herkunftsversuch mit Abies grandis in Hessen. Ergebnisse während der Anzuchtphase. Holzzucht 36(3/4) : 22-28.

RECK, S. (1972) :Austreibeverhalten und Wuchseigenschaften bei Fichte aus einem Fichten-Kreuzungsversuch. Forstarchiv 23 : 91-94.

RECK, S. (1980) : Untersuchungen über das Holz der Hybridlärche. AFJZ 151 : 117-120.

RIEGER, S. und MICHAELIS, A. (1954) : Genetisches und Cytogenetisches Wörterbuch. Der Züchter, 2. Sonderheft. Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg.

RIEMENSCHNEIDER, D. und MOHN, C.A. (1975) : Chromatographic analysis of an open-pollinated Rosendahl spruce progeny. Can. J. For. Res. 5 : 414-418.

ROBINSON, E. und THOR, E. (1969) : Natural Variation in Abies of the Southern Appalachians. Forst Science 15(3): 238-245.

ROHMEDER, E. (1948) :Die Vererbung der Austreibezeit bei Fichteneinzelstämmen. Forstwissenschaftl. Cbl 67: 32-38.

ROHMEDER, E. (1952) : Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spättreibender Fichten. Forstwissenschaftl. Cbl : 368-372.

ROHMEDER, E. und SCHÖNBACH, H. (1959) : Genetik und Züchtung der Waldbäume. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

ROHMEDER, E. und EISENHUT, G. (1961) : Bastardierungsversuche an der Gattung Abies. AFZ 34 : 495-497.

RUDLOFF, E. von (1975a) : Volatile leaf oil analysis in chemosystematic studies of North American conifers. Biochem. Systematics and Ecology 2 : 131-167.

RUDLOFF, E. von (1975b) : Seasonal variation of the terpenes of the leaves, buds and twigs of blue spruce (Picea pungens). Can. J. Bot. 53 : 2978-2982.

RUDLOFF, E. von (1976) : Chemosystematic studies in the genus Abies. II. Leaf oil analysis of grand fir. Can. J. Bot. 54 :1926-1931.

RUDLOFF, E. von und REHFELDT, G.E. (1979) : Chemosystematic studies in the genus Pseudotsuga. IV. Inheritance and geographical variation in the leaf oil terpenes of Douglas-fir from the Pacific Northwest. Can J. Bot. 58 : 546-556.

RUETZ, W.F. (1973) : Seasonal Changes in the CO_2 Gas Exchange of Red Fescue (Festuca rubra) in a Montane Meadow Community in Northern Germany. Thesis submitted to Oregon State University.

SAUER, A. , KLEINSCHMIT, J. und LUNDERSTÄDT, J. (1973) : Charakterisierung von Fichten-Klonen (Picea abies Karst.) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Methoden. I. Variation der untersuchten Merkmale. Silvae Genetica 22(5-6) : 173-182.

SAUER-STEGMANN, A. , KLEINSCHMIT, J. und LUNDERSTÄDT, J. (1978): Methoden zur Charakterisierung von Fichtenklonen (Picea abies Karst.) Silvae Genetica 27(3-4) : 109-117.

SCHENCK, C.A. (1939) : Fremdländische Wald- und Parkbäume. Zweiter Band: Die Nadelhölzer. Paul Parey, Berlin.

SCHEPLITZ, B. (1956) : Über einen natürlichen Abies Bastard. Zeitschrift für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. 5 : 71-79.

SCHNECK, H. (1980) : Untersuchungen zur autovegetativen Vermehrung der Fichte (Picea abies Karst.) als Grundlage der Massenvermehrung von Zuchtsorten. Beiträge f.d. Forstwissenschaft 3-4 : 126-131.

SCHOLZ, F. und STEPHAN, B.R. (1982) : Growth and reaction to drought of 43 Abies grandis provenances in a greenhouse study. Silvae Genetica 31(1) : 27-35.

SCHUCK, H.J. und SCHÜTT, P. (1975) : Die Verteilung flüchtiger Terpene im Fichtenstamm und ihre Bedeutung für die Ausbreitungsresistenz gegenüber Fomes annosus. Biochem. Physiol. Pflanzen, 167 : 65-77.

SCHUCK, H.J. (1982) : The chemical composition of the monoterpene fraction in wounded wood of Picea abies and its significance for the resistance against wound infecting fungi. Eur. J. For. Path 12 : 175-181.

SCHÜTT, P. und HATTEMER, H.H. (1959) : Die Eignung von Merkmalen des Nadelquerschnittes für die Kiefern-Bastarddiagnose. Silvae Genetica 8 : 93-99.

SESTAK, Z. (1966) : Limitations for finding a linear relationship between chlorophyll content and photosynthetic activity. Biol. Plant. 8 : 336-346.

SILEN, R.R. , CRITCHFIELD, W.B. und FRANKLIN, J.F. (1965) : Early verification of a Hybrid between Noble and California Red Firs. Forest Science 11(4) : 460-462.

SMEDMAN, L.A. , ZAVARIN, E. und TERANISH, R. (1969) : Composition of oxyenated monoterpenoids and sesquiterpenoid hydrocarbons from the cortical oleoresin of Abies magnifica A. Murr. Phytochemistry 8 : 1457-1470.

SMEDMAN, L.A. , SNAJBERK, K. und ZAVARIN, E. (1969) : Oxyenated monoterpenoids and sesquiterpenoid hydrocarbons of the cortical turpentine from different Abies species. Phytochemistry 8 : 1471-1479.

SMIRNOV, I.A. (1977) : Pollen viability in some introduced conifer species. Byelletin Glavnogo Botanicheskogo Sada 106 : 32-38.

SOLOMON, O.S. und KENLAN, K.W. (1982) : Discriminant Analysis of Interspecific Hybridization in Betula. Silvae Genetica 31(4) : 136-145.

SPETHMANN, W. (1982) : Stecklingsvermehrung von Laubbaumarten. Allg. Forst- und Jagd-Ztg 153(1-2) : 13-24.

SQUILLACE, A.E. (1976) :Analysis of Monoterpenes of Conifers by Gas-liquid Chromatography. In: Modern Methods of Forest Genetics. Edited by J.P. MIKSCHE, Springer-Verlag Berlin.

STEINER, K.C. (1979) : Patterns of variation in bud-burst timing among population in Several Pinus species. Silvae Genetica 28(2-3) :185-194.

STEINHOFF, R.J. (1978) : Distribution, ecology, silvicultural characteristics, and genetics of Abies grandis - Abies concolor complex. Proc. of the IUFRO joint meeting. Vancouver, Canada. I : 123-132.

STERN, K. (1956) : Über die Erblichkeit des Wachstums. (Vorläufige Ergebnisse eines Versuches mit Mutanten von Antirrhinum majus). Züchter 26 : 121-127.

STERN, K. (1966) : Die Bewertung des Merkmals Austreibstermin in einem Züchtungsvorhaben mit Fichten in Schleswig-Holstein. Forstarchiv 37 : 70-74.

THOMSON, A.J. und MONCRIEFF, S.M. (1981) : Prediction of bud burst in Douglas-fir by degree-day accumulation. Can. J. For. Res. 12 : 448-452.

TIESZEN, L.L. und JOHNSON, P.L. (1968) : Pigment structure of some arctic tundra communities. Ecology 49 : 370-373.

TIGERSTEDT, P.M.A. (1978) : Inheristance and genetic variation of monoterpens in Scots pine (Pinus sylvestris L.) Proceedings of the conference on Biochemical Genetics of Forest Trees. UMEA, Sweden : 29-39.

VIEITEZ, A.M. , BALLESTER, A. und KLEINSCHMIT, J. (1977) : Einfluß von Alter und Wachstumsbedingungen auf die Entwicklung und Form von Douglasienstecklingen. Forstarchiv 48(4) : 74-81.

VOLKERT, E. und SCHNELLE, F. (1966) : Erläuterungen zur Beobachtung des phänologischen Termins "Nadelentfaltung" bei der Picea abies. Arboreta Phaenologica 8.

WALTERS, J. und SOOS, J. (1963) : Shoot Growth Patterns of Some British Columbia Conifers. Forest Science 9(1) : 73-85.

WEISGERBER, H. et alii (1976) : Ergebnisse des internationalen Fichten-Provenienzversuches 1962. Teil I: Phänologische Beobachtungen und Höhenwachstum bis zur ersten Freiland-aufnahme. AFJZ 147(12(: 227-235.

WEISGERBER, H. (1983) : Forstpflanzenzüchtung. Mitteilungen der Hess. Landesforstverwaltung 19.

WORSLEY, R.G.F. (1959) : The processing of Pollen. Silvae Genetica 8 : 143-148.

ZAVARIN, E. und SNAJBERK, K. (1965) : Chemotaxonomy of the Genus Abies I. Survey of the terpenes present in the Abies balsams. Phytochemistry 4 : 141-148.

ZAVARIN, E. (1968) : Chemotaxonomy of the Genus Abies II. Within tree variation of the terpenes in cortical oleoresin. Phytochemistry 7 : 92-107.

ZAVARIN, E. , SNAJBERK, K. und CRITCHFIELD, W.B. (1973) : Monoterpene Variability of Abies amabilis Cortical Oleoresin. Biochemical Systematics 1 : 87-93.

ZAVARIN, E. , SNAJBERK, K. und CRITCHFIELD, W.B. (1977a) : Relation of Cortical Monoterpenoid Composition of Abies to Tree Age and Size. Phytochemistry 16 : 770-772.

ZAVARIN, E. , SNAJBERK, K. und CRITCHFIELD, W.B. (1977b) : Terpenoid Chemosystematic Studies of Abies grandis. Biochemical Systematics and Ecology 5 : 81-93.

ZIMMERMANN-FILLON, C. und BERNARD-DAGAN, C. (1977) : Variations qualitatives et quantitatives des carbures terpéniques au cours de la croissance des rameaux et des aiguilles du Pin maritime : étude comparée de huit phenotypes. Can . J. Bot. 55 : 1009-1018.

ZOBEL, D.B. (1974) : Local variation in intergrading Abies grandis - A. concolor populations in the central Oregon Cascades. II. Stomatal reaction to moisture stress. Bot. Gaz. 135(3) : 200-210.

ZOBEL, D.B. (1975) :Local variation in intergrading Abies grandis - Abies concolor populations in the central Oregon cascades. III. Timing of growth and stomatal charac-teristics in relation to environment. Bot. Gaz. 136(1) : 63-71.

MESSERER, M. (1982): Die Monoterpenverteilung in Trieben, Holz, Rinde und Wurzeln eines Individuums von Larix decidua Mill. Diplomarbeit an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Herr Univ.Prof. Dr. A. von SCHÖNBORN hat mir die Möglichkeit geboten, im Rahmen des Arbeitsprogramms des Lehrstuhls für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung in München ein Dissertationsthema zu wählen. Hierfür sowie für seine außerordentlich großzügige und hilfsbereite Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit danke ich herzlich.

Den Herren Prof. Dr. Schütt, Prof. Dr. Koch und Dr. Lang danke ich für wertvolle Anregungen, Hinweise und die mir gebotenen Möglichkeiten, die Geräte des Lehrstuhls für Forstbotanik zu benutzen. Darüber hinaus gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. A. Neiss vom Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der TU München, der mir die Möglichkeiten der statistischen Auswertung aufzeigte und mir durch Beratung stets hilfreich zur Seite stand.
Weiter danke ich dem Gartenmeister, Herrn J. Menzinger, für die tatkräftige, häufig über seine Arbeitszeit hinausgehende Hilfe bei der Versuchsanlage und -betreuung, der Material- und der Datengewinnung sowie den Kulturfrauen des Forstlichen Versuchsgartens Grafrath.

Lebenslauf

Am 9. Mai 1951 wurde ich als erstes Kind des Dr.med.vet. Kurt Gaudlitz und der Dr.med.vet. Brigitte Gaudlitz, geb. Hielscher, in Berlin geboren.
Nach dem Besuch der Grundschule und des mathematisch-naturwissenschaftlichen Martin-Luther-Gymnasiums in Marburg legte ich dort im Juni 1970 die Reifeprüfung ab.
Vom 1.7.1970 bis 30.6.1972 leistete ich Wehrdienst und begann im Wintersemester 1972/73 an der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München mit dem Studium. Dort legte ich im Sommersemester 1974 die Diplomvorprüfung ab und wechselte anschließend an die Universität Freiburg, wo ich mit der Diplomprüfung im November 1976 das Studium beendete.
Von 1977 - 1979 absolvierte ich die Referendarzeit bei der Bayerischen Staatsforstverwaltung und schloß diese mit der großen Forstlichen Staatsprüfung im Juni 1979 ab. Seit dieser Zeit bin ich als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Forstlichen Forschungsanstalt tätig und war vom 01.06.1982 bis 30.04.1983 an den Lehrstuhl für Forstpflanzenzüchtung und Immissionsforschung der Universität München abgeordnet.

Anhang

Anhang 1: Plusbaum-Aufnahmebogen

Alter		Jahre	Baum-Nr.		
Höhe		m			
Höhe Kronenansatz		m			
Höhe Trockenansatz		m			
Durchmesser in 1,3 m		cm			

	1	2	3	4	5
Stammklasse	Vorherrschend	herrschend	mitherrschend	zwischenständig	unterständig
Schaftform	Zweischnürig	einschn.m.ger.Bogen	einschn.m.st.Bogen	unschn.m.ger.Bö.	st.Bögen u.Knicke
Kronenbreite	Sehr schmal	schmal	mittel	breit	sehr breit
Kronenform	Sehr spitz	spitz	leicht abgewölbt	abgewölbt	stark abgewölbt
Wipfelschäftigk.	Ganz wipfelsch.	in 1/4 Kronen aufg.	in 1/2 Krone aufg.	in 3/4 Krone aufg.	in 1 Krone aufg.
Ästigkeit	Sehr fein	fein	mittel	grob	sehr grob
Astwinkel	Steil aufwärts	aufwärts	waagerecht	abwärts	steil abwärts
Nat. Astreinigung	Sehr gut	gut	mittel	schlecht	sehr schlecht
Rinde	Sehr fein	fein	normal	grob	sehr grob
Nadelfarbe	Dunkelgrün	hellgrün	graugrün	blaugrün	blau

Anhang 3: Absolute mittlere Pigmentgehalte (mg/g)
(Mittelwert und Standardabweichung)

NK-Nr.	Gesamt-gehalt	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll Gesamt	Carotin α	Carotin β	Carotin Gesamt	Xanthophyll Lut.	Xanthophyll Zeax.	Xanthophyll Gesamt
1	4.979	2.882	.986	3.869	.2o5	.199	.4o4	.353	.353	.7o6
	.6631	.3351	.2276	.5361	.o311	.o322	.o632	.o35o	.o358	.o7o7
2	3.626	1.99o	.7o9	2.7oo	.127	.125	.251	.336	.339	.67o
	1.o8o1	.6195	.27o3	.8894	.o355	.o349	.o7o4	.o648	.o648	.1296
3	3.386	1.917	.625	2.542	.128	.126	.254	.294	.297	.591
	.2567	.1714	.o75o	.246o	.oo78	.oo72	.o151	.o133	.o128	.o26o
4	4.519	2.592	.873	3.465	.173	.17o	.343	.354	.357	.711
	.472o	.2983	.1227	.4147	.o216	.o221	.o437	.o151	.o157	.o3o7
5	4.796	2.783	.995	3.778	.166	.163	.329	.344	.346	.69o
	.4175	.2566	.o921	.3455	.o121	.o1oo	.o22o	.o28o	.o281	.o561
6	3.629	2.o41	.737	2.778	.133	.131	.264	.289	.298	.587
	.7oo5	.4392	.1316	.57oo	.o243	.o242	.o485	.o484	.o422	.o883
1o	2.727	1.461	.479	1.94o	.1oo	.o98	.198	.291	.299	.59o
	.318o	.181o	.o7o3	.2485	.oo95	.oo89	.o183	.o31o	.o336	.o645
1oo (1o1-119)	3.139	1.7o5	.537	2.243	.113	.112	.225	.332	.339	.671
	.3948	.2392	.o745	.3o8o	.o154	.o156	.o31o	.o341	.o337	.o677
1oo (151-155)	3.761	2.o96	.82o	2.916	.119	.117	.236	.3o4	.3o6	.61o
	.4169	.2517	.1162	.3617	.o177	.o174	.o351	.o263	.o266	.o529
2oo	2.921	1.6o1	.519	2.12o	.1o9	.1o7	.215	.291	.295	.586
	.6436	.3713	.1252	.4951	.o2o9	.o2o8	.o41[illegible]	.o58o	.o575	.1155
3oo	3.o53	1.678	.568	2.247	.114	.1o8	.222	.29o	.295	.585
	.6265	.3858	.121o	.5o49	.o3o5	.o218	.o495	.o431	.o431	.o861
4oo	2.8oo	1.523	.487	2.o1o	.1o4	.1o2	.2o6	.289	.296	.585
	.3412	.2oo4	.o67o	.2663	.o143	.o139	.o28[illegible]	.o295	.o275	.o565
5oo	2.633	1.394	.435	1.829	.o99	.o97	.19[illegible]	.3oo	.3o8	.6o8
	.3464	.1993	.o728	.2695	.o126	.o132	.o25[illegible]	.o291	.o288	.o578
8oo	2.944	1.738	.566	2.3o4	.118	.116	.235	.2o3	.2o2	.4o5
	1.1696	.7289	.2462	.9688	.o49o	.o474	.o964	.o536	.o544	.1o8o

Anhang 2: Signifikanz-Tests für Pigmentgehalte und Pollendimensionen

Test	Nachkommenschaften	Pigmente							Pollendimensionen				
		Psum	Chlor a	Chlor b	Carot A	Carot B	Lut	Zeax	KornL	KL	KH	KB	LS
KW KW	3 x 5oo zu verschiedenen Zeiten reinen Ta-Arten NK 1 - 6		ns	ns	ns	ns	ns	ns	xxx	xxx	xx	xx	xxx
KW	Bastarde Nk 1o - 5oo								ns	ns	x	ns	xx
U	1 vs 2	x	xx	x	xxx	xxx	ns	ns	x	ns	ns	ns	x
U	1 vs 3	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx	ns	ns	x	xx
U	1 vs 4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xx	x	ns	ns	x
U	1 vs 5	ns	ns	ns	xx	xx	ns	ns	xx	ns	ns	ns	ns
U	1 vs 6	xx	xx	x	xx	xx	x	x	xx	xx	xx	xx	xx
U	2 vs 3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xx	x	x	x	xx
U	2 vs 4	ns	ns	ns	x	x	ns	ns	xx	x	ns	ns	xx
U	2 vs 5	ns	x	ns	x	ns	ns	ns	xx	ns	ns	ns	ns
U	2 vs 6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	3 vs 4	x	x	x	xx	x	xx	xx	xx	xx	ns	ns	xx
U	3 vs 5	xx	xx	xx	xx	xx	x	x	xx	x	ns	ns	xx
U	3 vs 6	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xx	xx	xx	x
U	4 vs 5	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	4 vs 6	x	x	ns	x	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	5 vs 6	xx	xx	xx	x	x	x	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	1o vs 1oo (1o1-119)	xx	x	ns	ns	x	x	x	ns	ns	ns	ns	ns
U	1o vs 1oo (151-16o)	xx	xx	xx	ns	x	ns	ns					
U	1o vs 2oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	ns	xx
U	1o vs 3oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x
U	1o vs 4oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	1o vs 5oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	1o vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xx					
U	1oo (1o1-119) vs 2oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xx	x	x
U	1oo (1o1-119) vs 3oo	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	ns	ns	x	ns	ns
U	1oo (1o1-119) vs 4oo	x	ns	ns	ns	x	xx	xx	ns	ns	ns	ns	ns
U	1oo (1o1-119) vs 5oo	xx	xx	xx	x	x	x	xx	ns	ns	ns	ns	ns
U	1oo (1o1-119) vs 1oo (151-16o)	x	x	xx	ns	ns	ns	x					
U	1oo (1o1-119) vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xx					
U	2oo vs 3oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	2oo vs 4oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	x	ns
U	2oo vs 5oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	xx	xx
U	2oo vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	x	x					
U	3oo vs 4oo	ns	ns	x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	3oo vs 5oo	ns	x	xx	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	3oo vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	x	xx					
U	4oo vs 5oo	ns	x	xx	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x
U	4oo vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xxx					
U	2 vs 1o	x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	6 vs 1o	x	x	xx	x	x	ns	ns	xx	xx	xx	xx	x
U	2 vs 1oo (1o1-119)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	5 vs 1oo (1o1-119)	xx	xx	xx	xx	xx	ns	ns	xx	ns	x	ns	ns
U	1 vs 2oo	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	x	x	ns	xx	xx	xx	ns
U	6 vs 2oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	2 vs 3oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	ns	ns
U	4 vs 3oo	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	x	x	x	x	ns
U	2 vs 4oo	ns	ns	ns	ns	ns	x	x	ns	x	x	ns	x
U	3 vs 4oo	xx	xx	xx	xx	xx	ns	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	2 vs 5oo	x	x	xx	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
U	3 vs 5oo	xx	xxx	xx	xxx	xxx	ns	ns	x	x	x	x	x
U	1oo (151-16o) vs 2oo	x	x	xx	ns	ns	ns	ns					
U	1oo (151-16o) vs 3oo	x	x	xx	ns	ns	ns	ns					
U	1oo (151-16o) vs 4oo	xx	xx	xxx	ns	ns	ns	ns					
U	1oo (151-16o) vs 5oo	xx	xx	xxx	x	x	ns	ns					
U	1oo (151-16o) vs 8oo	ns	ns	x	ns	ns	xx	xx					
U	5oo vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	xx	xx					
U	2 vs 1oo (151-16o)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns					
U	5 vs 1oo (151-16o)	x	xx	x	xx	xx	x	x					
U	4 vs 8oo	x	x	x	x	x	xx	xx					
U	6 vs 8oo	ns	ns	ns	ns	ns	ns	x					

Anhang 4: Signifikanz-Tests für Monoterpengehalte

Test	Nachkommenschaft und Gewebeart		A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
KW	1 - 6 reine Ta-Arten 1950/51/58	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
KW	1 - 6 reine Ta-Arten 1950/51/58	R	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
KW	Bastarde 1950/51/58; 1o (1-26), 1o (51-6o), 1oo (1o1-122), 1oo (151-16o), 2oo, 3oo, 4oo, (4o1-423), 4oo (451-46o), 5oo, 7oo	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
		R	xxx	xx	ns	K	xxx	xxx	ns
KW	12oo grün nadelig	2j N	x	xx	xxx	K	K	K	xx
KW	12oo grün + grau nadelig	2j N	ns	xxx	xxx	K	K	xxx	xxx
KW	1oo (151-16o), 12oo grau nadelig, 2	2j N	xxx	xxx	xxx	x	xx	xxx	xxx
KW	2, 1o (1-26), 6	2j N	xxx	xxx	xxx	x	ns	xxx	xxx
KW	2, 1o (51-6o), 6	2j N	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx
KW	2, 1o (1-26), 6	R	xx	xxx	xx	K	xxx	xxx	x
KW	2, 1oo (1o1-122), 5	2j N	xx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx
KW	2, 1oo (151-16o), 5	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
KW	2, 1oo (1o1-122), 5	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	xxx	xxx
KW	6, 2oo, 1	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
KW	6, 2oo, 1	R	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
KW	2, 3oo, 4	2j N	xxx	xxx	xxx	x	xxx	xx	xxx
KW	2, 3oo, 4	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	xx	xx
KW	2, 4oo (4o1-423), 3	2j N	xxx	xxx	xx	xx	xx	xxx	xxx
KW	2, 4oo (451-46o), 3	2j N	xxx	xxx	xx	ns	xx	xxx	xxx
KW	2, 4oo (4o1-423), 3	R	ns	xxx	xxx	K	xx	xxx	xxx
KW	3, 5oo, 2	2j N	xxx	xxx	xxx	x	xx	xxx	xxx
KW	3, 5oo, 2	R	ns	xxx	xxx	K	xx	xx	xxx
KW	2, 7oo, 1	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx
KW	3o9 - 328 reine Ta-Arten 1980	1j N	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx
KW	2o8, 214, 222, 245, 286, 295, 3o2, 3o4	1j N	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
KW	215, 223, 287, 289, 291, 293, 3o3	1j N	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
KW	286, 288, 29o, 292	1j N	ns	xxx	xxx	K	ns	xxx	K
KW	287, 289, 291, 293	1j N	x	xxx	xxx	K	x	xx	K
KW	316, 222, 328	1j N	ns	xxx	xxx	K	xxx	K	xxx
KW	337, 245, 3o9	1j N	xxx	xxx	xxx	ns	K	xxx	xxx
KW	319, 286, 287, 328	1j N	xx	xxx	xx	K	xx	xxx	xxx
KW	319, 288, 289	1j N	xxx	xxx	xx	K	x	ns	ns
KW	319, 29o, 291	1j N	xx	xxx	ns	K	ns	xx	ns
KW	319, 292, 293	1j N	xx	xx	x	K	ns	xxx	ns
KW	3o9, 295, 322	1j N	xxx	xxx	xxx	K	xxx	x	xxx
KW	311, 3o2, 3o3	1j N	ns	xxx	xxx	K	K	xxx	xxx
KW	311, 3o4, 3o9	1j N	xxx	xx	xxx	K	K	ns	xxx
KW	222 zu 3 Terminen	1j N	ns	xx	ns	K	K	K	xx
KW	222, 223, 5oo	1j N	xxx	xxx	xxx	K	xxx	K	xxx

Anhang 5: Signifikanz-Tests für Monoterpengehalte

Test	Nachkommenschaft und Gewebeart				A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	D-PH
U	1o (1-26)	vs	2	2j N	ns	xxx	xxx	ns	ns	xxx	ns
U	1o (1-26)	vs	2	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xxx	ns
U	1o (1-26)	vs	6	2j N	xxx	ns	xxx	xx	ns	x	xxx
U	1o (1-26)	vs	6	R	x	ns	ns	K	xxx	ns	ns
U	2	vs	6	2j N	xxx	xxx	xxx	ns	ns	xxx	xxx
U	2	vs	6	R	xx	xxx	xxx	K	xxx	xx	xx
U	1o (51-6o)	vs	2	2j N	ns	xx	xx	ns	x	ns	xxx
U	1o (51-6o)	vs	6	2j N	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	1oo (1o1-122)	vs	2	2j N	xx	xxx	xxx	ns	ns	x	xx
U	1oo (1o1-122)	vs	2	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	xx	xx
U	1oo (1o1-122)	vs	5	2j N	ns	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx
U	1oo (1o1-122)	vs	5	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xxx	xxx
U	2	vs	5	2j N	xx	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx
U	2	vs	5	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	xxx	xxx
U	1oo (151-16o)	vs	2	2j N	xxx	ns	xx	ns	x	x	x
U	1oo (151-16o)	vs	5	2j N	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	3oo	vs	2	2j N	xx	xxx	xxx	ns	x	x	xxx
U	3oo	vs	2	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xxx	ns
U	3oo	vs	4	2j N	xx	xxx	xx	K	xxx	K	x
U	3oo	vs	4	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	ns	x
U	2	vs	4	2j N	xxx	x	xxx	ns	xxx	x	xx
U	2	vs	4	R	xxx	xxx	xxx	K	ns	ns	xxx
U	4oo (4o1-423)	vs	2	2j N	ns	xxx	xxx	ns	ns	xxx	xxx
U	4oo (4o1-423)	vs	2	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xxx	xx
U	4oo (4o1-423)	vs	3	2j N	xx	ns	ns	xxx	xxx	xxx	ns
U	4oo (4o1-423)	vs	3	R	ns	xxx	xxx	K	xx	ns	xx
U	2	vs	3	2j N	xxx	xxx	xx	ns	x	xxx	xxx
U	2	vs	3	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xx	xxx
U	4oo (451-46o)	vs	2	2j N	ns	xxx	x	ns	ns	ns	xxx
U	4oo (451-46o)	vs	3	2j N	xxx	ns	ns	ns	xxx	xxx	x
U	5oo	vs	2	2j N	ns	xxx	xxx	ns	ns	xxx	x
U	5oo	vs	2	R	ns	xxx	xxx	K	ns	xx	ns
U	5oo	vs	3	2j N	xx	x	ns	K	xxx	xx	xx
U	5oo	vs	3	R	ns	xxx	xxx	K	xx	x	xxx
U	1	vs	6	2j N	xx	xxx	ns	xxx	ns	xxx	xxx
U	1	vs	6	R	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
U	1	vs	2	2j N	x	xxx	xxx	x	ns	xxx	xxx
U	1	vs	2	R	xxx	xxx	xxx	K	xxx	xxx	xxx
U	1o (1-26)	vs	1o (51-6o)	2j N	ns	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	1oo (1o1-122)	vs	1oo (151-16o)	2j N	ns	xx	xx	K	xx	xxx	xxx
U	4oo (4o1-423)	vs	4oo (451-46o)	2j N	ns	ns	x	xx	x	xxx	ns
U	12oo (12o1-121o)	vs	12oo (1212-1221)	2j N	xx	xxx	xxx	K	K	K	x
U	12oo (12o1-121o)	vs	12oo (1212-1221)	R	ns	x	xx	K	ns	ns	x
U	12oo (1222-1231)	vs	12oo (1232-1241)	2j N	ns	xxx	xx	K	K	K	x
U	12oo (1244-1253)	vs	12oo (1254-1263)	2j N	ns	x	ns	K	K	K	xx
U	4oo (4o1-423)	vs	5oo	2j N	ns	xxx	xx	xxx	x	ns	xx
U	2o8	vs	214	1j N	ns	ns	ns	K	K	K	ns
U	214	vs	215	1j N	ns	ns	ns	K	K	K	ns
U	316	vs	328	1j N	ns	x	ns	K	K	K	ns
U	222	vs	328	1j N	ns	ns	ns	K	K	K	ns
U	222	vs	214	1j N	ns	ns	ns	K	K	K	ns
U	319	vs	286	1j N	ns	ns	ns	K	ns	x	ns
U	319	vs	288	1j N	xxx	xxx	xxx	K	ns	ns	ns
U	286	vs	288	1j N	x	xxx	xx	K	ns	xx	K
U	286	vs	29o	1j N	ns	x	ns	K	ns	ns	K
U	286	vs	292	1j N	ns	x	ns	K	ns	ns	K
U	288	vs	29o	1j N	x	xxx	xxx	K	ns	xxx	K
U	298	vs	292	1j N	ns	xx	xxx	K	ns	xxx	K
U	29o	vs	292	1j N	ns	xxx	ns	K	ns	ns	K
U	287	vs	289	1j N	ns	xxx	xx	K	ns	xxx	K
U	287	vs	291	1j N	ns	ns	ns	K	ns	x	K
U	287	vs	293	1j N	ns	xxx	ns	K	ns	ns	K
U	289	vs	291	1j N	xx	xxx	x	K	ns	ns	K
U	289	vs	293	1j N	x	ns	xxx	K	xx	xx	K
U	291	vs	293	1j N	ns	xxx	xxx	K	ns	ns	K
U	222 (25o1-253o)	vs	222 (2531-254o)	1j N	ns	xxx	x	K	K	K	x
U	222 (25o1-253o)	vs	222 (25o1-253o)	2j N	x	x	ns	K	K	K	x
U	222 (25o1-25xo)	vs	5oo	1j N	ns	xxx	xxx	K	xxx	K	xxx
U	222 1o.11.	vs	2o.11.	1j N	ns	ns	ns	K	K	K	xx
U	1o.11.	vs	2o.12.	1j N	ns	xx	ns	K	x	K	ns
U	26.11.	vs	2o.12.	1j N	ns	xx	ns	K	K	K	x

Anhang 6: Standardfehler bei 1o Analysen der gleichen Probe

Nachkommenschaft	Probe-Nr.	A-PIN	CAM	B-PIN + MYR	CAR	P-PH +LIM
A. concolor 1o x	1	19,o	27,6	46,1	o	7,9
A. alba 3	2	19,1	26,6	46,9	o	7,4
zweijährige Nadeln	3	19,1	25,4	47,3	o	8,2
	4	18,4	26,8	47,1	o	7,4
	5	17,6	26,4	47,9	o	8,1
	6	18,5	26,8	47,3	o	7,5
	7	18,6	26,8	46,8	o	7,9
	8	18,4	26,4	47,1	o	8,1
	9	18,2	26,2	47,3	o	8,2
	1o	18,1	25,7	48,2	o	8,1
	11	18,o	26,9	46,4	o	7,7
Mittelwert		18,5	26,5	47,1	o	7,9
Standardfehler		,o4	,o5	,o5	o	,o3
A. grandis 11 x	1	15,3	14,9	64,9	o	4,9
A. concolor 12	2	15,6	15,8	64,o	o	4,5
einjährige Nadeln	3	14,9	15,3	64,4	o	5,4
	4	14,8	14,7	64,6	o	5,9
	5	13,3	14,o	65,9	o	6,7
	6	16,3	15,3	62,2	o	6,3
	7	14,1	14,3	65,9	o	5,8
	8	14,9	13,9	66,1	o	5,1
	9	15,1	15,6	64,1	o	5,3
	1o	15,7	15,2	64,2	o	5,o
Mittelwert		15,o	14,9	64,6	o	5,5
Standardfehler		,o8	,o7	,12	o	,o7

Anhang 7: Monoterpengehalte 1o verschiedener Individuen des Klones 211

Nadeln (2j.)	Baum-Nr.	A-PIN	CAM	B-PIN + MYR	CAR	P-PH +LIM
	1	34,2	44,6	14,5	o,9	5,8
	2	31,5	45,o	15,7	1,1	6,6
	3	32,9	46,3	13,1	o,8	7,o
	4	31,3	45,9	13,7	1,2	7,8
	5	31,5	43,3	16,5	1,2	7,6
	6	32,8	45,6	13,o	1,6	7,o
	7	33,7	43,o	15,6	1,4	6,2
	8	29,5	42,9	17,8	o,8	8,9
	9	34,4	46,6	12,6	o,9	5,5
	1o	33,5	44,9	14,6	o,9	6,2
Mittelwert		32,5	44,8	14,7	1,1	6,9
Standardfehler		,15	,14	,17	,o3	,1o
Rinde (5j.)	1	28,7	44,7	9,7	5,3	11,7
	2	3o,1	44,2	11,o	5,o	9,7
	3	29,5	45,1	12,1	3,5	9,9
	4	3o,1	4o,1	12,8	5,6	11,4
	5	31,1	41,4	13,1	3,3	11,1
	6	35,5	42,9	1o,2	3,6	7,8
	7	28,3	42,4	12,3	4,3	12,7
	8	27,6	4o,o	17,9	3,o	11,5
	9	23,4	35,4	15,5	6,5	19,1
	1o	35,9	38,6	12,1	4,6	8,8
Mittelwert		3o,o	41,5	12,7	4,5	11,4
Standardfehler		,37	,3o	,25	,11	,31

Anhang 8: Monoterpengehalte im Harz zweijähriger Nadeln verschiedener Abies-Arten

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
1[1-20]	20							
MITTELWERT		25.9	36.1	5.0	2.0	.3	30.6	0
STANDARDFEHLER		.67	.44	.50	.05	.03	.92	0
1[51-60]	10							
MITTELWERT		32.0	42.6	3.6	1.3	.1	20.3	0
STANDARDFEHLER		.48	.58	.34	.03	.01	.78	0
2[1-10]	10							
MITTELWERT		20.6	19.7	53.9	.7	.3	.5	3.7
STANDARDFEHLER		.31	.87	.98	.11	.04	.06	.08
3	20							
MITTELWERT		15.1	33.6	35.3	0	0	3.2	12.8
STANDARDFEHLER		.17	.58	1.07	0	0	.12	.59
4	20							
MITTELWERT		38.7	13.4	18.1	0	19.8	0	10.1
STANDARDFEHLER		.80	.50	.40	0	.38	0	.37
5	18							
MITTELWERT		24.5	10.1	13.8	3.0	.8	47.9	0
STANDARDFEHLER		.33	.57	.63	.03	.06	.89	0
6	20							
MITTELWERT		38.3	51.0	3.8	1.0	1.0	4.4	1.1
STANDARDFEHLER		.53	.40	.21	.04	.20	.55	.07

Monoterpengehalte im Harz von Rindenproben verschiedener Abies-Arten

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
1[1-20]	20							
MITTELWERT		84.4	.8	5.2	0	0	10.1	.0
STANDARDFEHLER		.38	.05	.16	0	0	.42	.01
2[1-10]	10							
MITTELWERT		22.5	18.6	49.2	0	5.7	.8	3.3
STANDARDFEHLER		.52	.69	.70	0	.59	.04	.18
3	20							
MITTELWERT		28.3	37.9	21.7	0	4.1	3.1	6.4
STANDARDFEHLER		.66	.50	.26	0	.18	.14	.14
4	20							
MITTELWERT		52.0	10.9	22.5	0	7.2	1.9	5.7
STANDARDFEHLER		.29	.34	.36	0	.14	.09	.11
5	18							
MITTELWERT		35.5	7.0	23.5	0	4.2	13.1	16.8
STANDARDFEHLER		.66	.16	.33	0	.23	.34	.32
6	20							
MITTELWERT		28.8	53.9	10.1	0	1.2	1.6	4.6
STANDARDFEHLER		.37	.35	.23	0	.06	.07	.09

Anhang 9: Monoterpengehalte im Harz zweijähriger Nadeln von Tannen-Bastarden

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
10[1-26]	20							
MITTELWERT		23.1	45.9	22.7	1.6	.5	1.8	4.3
STANDARDFEHLER		.43	.77	1.12	.03	.03	.05	.09
10[51-60]	10							
MITTELWERT		22.2	29.5	40.9	0	0	.4	7.2
STANDARDFEHLER		.21	.27	.30	0	0	.03	.13
100[101-122]	20							
MITTELWERT		26.7	32.9	33.8	0	.1	1.0	5.5
STANDARDFEHLER		.44	.36	.61	0	.02	.06	.11
100[151-160]	10							
MITTELWERT		29.7	26.2	41.3	0	0	0	2.8
STANDARDFEHLER		.29	.29	.52	0	0	0	.07
200[201-211]	11							
MITTELWERT		30.3	38.8	23.1	0	1.0	1.2	4.5
STANDARDFEHLER		.33	.51	.71	0	.06	.03	.10
300	20							
MITTELWERT		28.0	38.0	25.0	0	1.0	0	7.3
STANDARDFEHLER		.35	.66	.72	0	.10	0	.17
400[401-423]	20							
MITTELWERT		19.8	31.3	36.5	1.6	.4	1.6	8.3
STANDARDFEHLER		.32	.46	.41	.02	.01	.03	.13
400[451-460]	10							
MITTELWERT		18.7	30.5	42.3	.4	.2	.5	7.4
STANDARDFEHLER		.09	.19	.23	.07	.01	.03	.12
500	20							
MITTELWERT		25.4	39.7	27.5	0	.3	1.7	5.4
STANDARDFEHLER		.92	.25	.73	0	.03	.08	.21
700[1-6]	6							
MITTELWERT		19.3	27.0	46.2	0	0	0	7.5
STANDARDFEHLER		.41	.33	.65	0	0	0	.06

Monoterpengehalte im Harz von Rindenproben der Tannen-Bastarde

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
10[1-26]	20							
MITTELWERT		23.9	53.3	10.3	0	6.7	1.6	3.9
STANDARDFEHLER		.24	.63	.29	0	.30	.03	.13
100[101-122]	20							
MITTELWERT		37.6	41.5	11.1	0	3.5	1.3	5.0
STANDARDFEHLER		.52	.45	.19	0	.09	.02	.10
200[201-211]	11							
MITTELWERT		31.9	44.5	9.9	0	6.8	1.7	5.3
STANDARDFEHLER		.34	.45	.21	0	.31	.02	.14
300	20							
MITTELWERT		29.0	47.0	9.7	0	0.8	1.8	4.0
STANDARDFEHLER		.30	.55	.20	0	.22	.03	.10
400[401-423]	20							
MITTELWERT		27.2	48.2	10.3	0	7.6	2.2	4.5
STANDARDFEHLER		.29	.41	.17	0	.23	.03	.08
500	20							
MITTELWERT		26.1	49.7	11.7	0	7.6	1.8	3.8
STANDARDFEHLER		.29	.50	.26	0	.21	.04	.10

Anhang 1o: Monoterpengehalte im Harz einjähriger Nadeln von Nachkommen der Kreuzungsexperimente 1980

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
49208 MITTELWERT STANDARDFEHLER	12	20.3 .24	20.1 .47	50.6 .75	0 0	0 0	0 0	9.1 .31
49214 MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	20.7 .10	17.2 .29	54.2 .44	0	0	0	7.9 .17
49215 MITTELWERT STANDARDFEHLER	6	22.1 .50	15.1 .53	53.4 1.58	0	0	0	9.5 .82
49222[2501-2530] MITTELWERT STANDARDFEHLER	30	22.8 .20	15.6 .13	55.1 .29	0	0	0 0	6.4 .11
49222[2531-2540] MITTELWERT STANDARDFEHLER	10	20.5 .59	8.7 .22	61.1 .80	0	0	0	10.0 .48
49222[2541-2560] MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	23.4 .25	15.7 .18	51.4 .38	0	0 0	0 0	9.3 .19
49222[2561-2570] MITTELWERT STANDARDFEHLER	10	26.1 .52	11.7 .25	55.9 .60	0 0	0 0	0 0	6.3 .37
49223 MITTELWERT STANDARDFEHLER	10	15.0 .08	14.9 .07	64.5 .12	0 0	0	0	5.5 .07
49245 MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	15.7 .10	20.3 .32	30.4 .14	0 0	0	1.3 .04	33.0 .27
49286 MITTELWERT STANDARDFEHLER	12	30.0 .53	2.7 .10	20.1 .42	0	2.3 .04	45.4 .58	0
49287 MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	28.5 .23	1.9 .05	19.2 .27	0 0	2.3 .03	48.2 .37	0 0
49288 MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	26.7 .21	5.4 .11	28.0 .33	0	2.1 .02	37.3 .29	0 0
49289 MITTELWERT STANDARDFEHLER	20	27.3 .23	5.3 .11	25.8 .31	0	1.9 .02	39.7 .29	0

Anhang 11: Monoterpengehalte im Harz einjähriger Nadeln von Nachkommen der Kreuzungsexperimente 1980

NACHKOMMENSCHAFT	ANZAHL	A-PIN	CAM	B-PIN	MYR	CAR	LIM	B-PH
49290	20							
MITTELWERT		28.14	1.63	19.28	0	2.09	48.37	0
STANDARDFEHLER		.16	.06	.28	0	.02	.38	0
49291	20							
MITTELWERT		31.20	2.66	21.64	0	2.01	43.30	0
STANDARDFEHLER		.21	.06	.23	0	.03	.30	0
49292	20							
MITTELWERT		27.28	3.62	17.62	0	2.03	49.45	0
STANDARDFEHLER		.23	.06	.23	0	.03	.27	0
49293	20							
MITTELWERT		30.45	5.45	16.22	0	2.3	45.45	0
STANDARDFEHLER		.32	.10	.22	0	.02	.35	0
49295	13							
MITTELWERT		25.28	38.23	15.23	0	.23	6.21	11.28
STANDARDFEHLER		.23	.82	.34	0	.02	.41	.41
49302	20							
MITTELWERT		31.21	40.21	11.45	0	0	13.40	4.49
STANDARDFEHLER		.20	.24	.18	0	0	.42	.32
49303	14							
MITTELWERT		31.49	47.28	8.68	0	0	9.89	2.10
STANDARDFEHLER		.22	.33	.09	0	0	.34	.19
49304	20							
MITTELWERT		22.19	37.12	18.17	0	0	2.08	18.45
STANDARDFEHLER		.14	.16	.10	0	0	.04	.17
49309	20							
MITTELWERT		28.14	30.27	24.45	0	0	2.18	24.32
STANDARDFEHLER		.14	.26	.13	0	0	.11	.31
49311	20							
MITTELWERT		29.13	34.28	17.17	0	0	2.05	15.17
STANDARDFEHLER		.13	.25	.15	0	0	.02	.14
49316	20							
MITTELWERT		20.21	23.32	42.45	0	0	0	13.37
STANDARDFEHLER		.25	.32	.30	0	0	0	.30
49319	20							
MITTELWERT		33.7	3.0	20.1	0	2.3	36.9	3.0
STANDARDFEHLER		.26	.07	.29	0	.03	.69	.60
49322	20							
MITTELWERT		35.28	40.25	10.11	0	.69	5.28	7.32
STANDARDFEHLER		.32	.20	.17	0	.07	.23	.34
49327	20							
MITTELWERT		25.20	3.04	64.38	0	0	0	4.05
STANDARDFEHLER		.26	.03	.30	0	0	0	.08
49328	6							
MITTELWERT		22.18	13.25	55.20	0	0	0	8.48
STANDARDFEHLER		1.18	1.25	2.38	0	0	0	.68
49337	20							
MITTELWERT		11.16	7.25	36.37	1.48	0	0	41.33
STANDARDFEHLER		.12	.35	.56	.43	0	0	.45

Anhang 12: Signifikanz-Tests für Nadelmerkmale

Test	Merkmalsausprägung	Farbe 1	Farbe 2	Farbe 3	Farbe 4	Länge 1	Länge 2	Länge 3	Länge 4	Länge 5	Länge x̄	Form 1	Form 2	Form 3	Form 4	Apex 1	Apex 2	Apex 3	Apex 4	Apex 5	Apex 6	TG	FG	FG pro 1o cm	NZ pro 1o cm	NTG / TTG	NQ
U	1 vs 2	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	-	xx	xxx	xx	xx	-	xxx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	1 vs 3	-	-	xx	xx	xx	xx	xxx	-	-	xx	-	x	x	-	-	xx	ns	x	xx	xx	ns	ns	xx	xx	xx	xx
U	1 vs 4	-	-	ns	ns	xx	xx	xxx	-	-	x	-	xx	xx	-	-	ns	xx	-	xx	xx	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	1 vs 5	-	ns	xx	xx	xx	xx	-	-	-	ns	xxx	xx	xx	xxx	-	xx	xx	xxx	xx	xx	ns	xx	xx	xx	xx	ns
U	1 vs 6	-	-	ns	ns	xx	xx	-	-	-	ns	-	xx	xx	-	-	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	ns
U	2 vs 3	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	ns	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx
U	2 vs 4	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	-	-	ns	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx
U	2 vs 5	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	-	x	xx	xx	xx	xx	xx
U	2 vs 6	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	-	x	xx	xx	xx	xx	xx
U	3 vs 4	-	-	xx	xx	xx	xx	ns	-	-	xx	-	xx	xx	-	-	xx	xx	ns	xx	xx	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	3 vs 5	-	ns	xx	xx	xx	xx	xx	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	-	ns	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	3 vs 6	-	-	xx	xx	xx	x	xx	-	-	xx	-	xx	xx	-	-	ns	xx	xx	xx	xx	ns	x	xx	xx	xx	xx
U	4 vs 5	-	ns	xx	xx	xx	xx	xx	-	-	x	xx	x	xx	xx	-	xx	xx	xx	ns	xx	x	xx	xx	xx	ns	xx
U	4 vs 6	-	-	ns	ns	xx	xx	xx	-	-	ns	-	ns	ns	-	-	xx	xx	xx	ns	xx	ns	x	xx	xx	xx	xx
U	5 vs 6	-	ns	xx	xx	xx	xx	-	-	-	ns	xx	x	xx	xx	-	-	xx	xx	-	-	xx	xx	ns	xx	xx	ns
U	1oo vs 1oo (1o1- 119)	xxx	xxx	xxx	xxx		xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns
U	1oo vs 1oo (151- 16o)	xxx	xxx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xxx	xx	-	xxx	xx	xx	xx	ns	xx	xx	xx
U	1oo vs 2oo	-	-	ns	ns	ns	ns	xxx	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	xx	-	ns	x	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx
U	1oo vs 3oo	xxx	xxx	xxx	xxx	-	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	-	-	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	1oo vs 4oo	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	x	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xx	x	x	xxx	xxx	xxx
U	1oo vs 5oo	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	ns	xx	xxx	ns	-	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	x	xx	xxx	xxx
U	1oo vs 8oo	-	-	xx	xx	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	1oo vs 12oo (12o1-121o)	-	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xx	-	-	xxx	x	xxx	ns	xx	xxx	xxx
U	1oo vs 12oo (1212-1221)	xxx	xxx	ns	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	-	-	xxx	ns	xxx	xx	xx	xxx	ns
U	1oo (1o1- 119) vs 1oo (151- 16o)	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	x	-	xxx	ns	xx	xx	ns	xx	xx
U	1oo (1o1- 119) vs 2oo	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	xxx	ns	xx	x	ns	ns	ns	xxx	xx	xxx	xxx	ns	-	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	x
U	1oo (1o1- 119) vs 3oo	xxx	xxx	xxx	xx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	-	x	xxx	xxx	x	xxx	xxx
U	1oo (1o1- 119) vs 4oo	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	xxx	xx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	x	xxx	xxx	xxx
U	1oo (1o1- 119) vs 5oo	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	xxx	xxx	xx	ns	xxx	xxx	xxx
U	1oo (1o1- 119) vs 8oo	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	ns	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	1oo (1o1- 119) vs 12oo (12o1-121o)	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	xxx	xx	xxx	xx	x	xxx	xxx
U	1oo (1o1- 119) vs 12oo (1212-1221)	ns	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	-	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns
U	1oo (151- 16o) vs 2oo	xxx	xxx	xx	xx	ns	ns	ns	ns	ns	x	ns	ns	ns	-	ns	xxx	x	ns	-	x	ns	xx	xx	ns	xx	xx
U	1oo (151- 16o) vs 3oo	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx
U	1oo (151- 16o) vs 4oo	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	xxx	-	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx
U	1oo (151- 16o) vs 5oo	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	ns	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	x	ns	xx	xx
U	1oo (151- 16o) vs 8oo	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	ns	xx	ns	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	1oo (151- 16o) vs 12oo (12o1-121o)	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	x	x	xx	-	-	xx	x	x	x	ns	ns	xx
U	1oo (151- 16o) vs 12oo (1212-1221)	xx	xx	xx	-	ns	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	x	-	xx	xx	xx	-	-	xx	xx	x	x	x	x	xx

Anhang 13: Signifikanz-Tests für Nadelmerkmale

Test	Nachkommenschaft			Farbe				Länge						Form				Apex						TG	FG	FG pro 1o cm	NZ pro 1o cm	NTG/TTG	NQ
				1	2	3	4	1	2	3	4	5	$\bar{x}$	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6						
U	2oo	vs	3oo	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	xx	ns	ns	x	ns	ns	ns	-	xxx	xxx	xx	x	-	xxx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	2oo	vs	4oo	-	-	xxx	xxx	xxx	x	x	ns	xx	ns	ns	x	ns	-	x	xxx	xx	ns	xxx	xx	xxx	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	2oo	vs	5oo	-	-	xxx	xxx	xx	ns	x	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	ns	xxx	x	ns	-	ns	xxx	ns	ns	ns	ns	xxx
U	2oo	vs	8oo	-	-	xx	xx	xxx	ns	x	x	ns	xx	x	xx	xx	-	ns	xx	x	ns	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	ns	xx
U	2oo	vs	12oo (12o1-121o)	-	ns	xxx	xxx	xxx	ns	x	ns	ns	x	ns	ns	x	-	ns	xxx	ns	x	-	ns	xx	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	2oo	vs	12oo (1212-1221)	xxx	xxx	x	xxx	ns	ns	x	ns	ns	x	ns	ns	ns	-	ns	xxx	ns	x	-	ns	xxx	x	ns	x	xxx	ns
U	3oo	vs	4oo	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xx	ns	x	xxx	xxx
U	3oo	vs	5oo	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xx	ns	ns	ns	xxx	xxx	ns	-	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xx	ns	ns	xxx	xxx
U	3oo	vs	8oo	xx	xx	xx	xx	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xxx	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	3oo	vs	12oo (12o1-121o)	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	-	-	xxx	ns	xxx	ns	xx	xxx	xxx
U	3oo	vs	12oo (1212-1221)	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	-	xxx	x	xxx	-	-	xxx	ns	xx	ns	xxx	xxx	xxx
U	4oo	vs	5oo	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	ns	xxx	xxx	ns	-	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	4oo	vs	8oo	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	4oo	vs	12oo (12o1-121o)	-	ns	xx	xx	xx	xx	x	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	x	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	4oo	VS	12oo (1212-1221)	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	5oo	vs	8oo	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xxx	x	xx	xx	xx	xx	ns	xx
U	5oo	vs	12oo (12o1-121o)	-	ns	xxx	xxx	x	ns	ns	ns	x	xxx	xxx	ns	xxx	-	xxx	xxx	xxx	xxx	-	ns	xxx	ns	ns	ns	xxx	xxx
U	5oo	vs	12oo (1212-1221)	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	ns	xxx	xxx	x	xxx	xxx	x	-	xx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	xxx	ns	ns	xx	xxx	xxx
U	8oo	vs	12oo (12o1-121o)	-	ns	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	ns	xx	xx	xxx	ns	ns	xx	xx	xx	xx	ns
U	8oo	vs	12oo (1212-1221)	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xxx	x	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	12oo (12o1-121o)	vs	12oo (1212-1221)	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	ns	xxx	-	-	ns	ns	ns	ns	x	xxx	xxx
U	2	vs	1o	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	x	xx	xx	ns	-	xx	xxx	xx	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	6	vs	1o	-	-	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	-	xxx	-	xxx	xxx	-	-	ns	xx	xx	xxx	xxx	xxx
U	2	vs	1oo (1o1- 119)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	x	-	-	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	5	vs	1oo (1o1- 119)	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx
U	2	vs	1oo (151- 16o)	xx	xx	xx	-	x	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	-	-	xx	ns	xx	xx	ns	xx	x
U	5	vs	1oo (151- 16o)	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	ns	xx
U	1	vs	2oo	-	-	xx	xx	xxx	ns	xx	xx	x	xxx	xx	ns	xxx	-	ns	xxx	xx	x	xxx	ns	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	6	vs	2oo	-	-	xx	xx	xx	ns	xx	x	x	xxx	xx	xxx	xxx	-	ns	-	ns	xxx	-	xx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx
U	2	vs	3oo	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	x	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	-	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	x
U	4	vs	3oo	xx	xx	xx	xx	xxx	xx	xx	xx	xx	x.	xx	xx	xx	-	xx	xx	xx	-	ns	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	xx
U	2	vs	4oo	xxx	xxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	x	xx	xx	x	-	xxx	ns	xx	xx	xx	xx	x	xx	ns	xx	xx	xx
U	3	vs	4oo	-	-	xx	xx	xx	xx	xx	xx	-	xx	xxx	xx	xxx	-	-	xxx	xx	xx	xx	xx	ns	xx	xx	x	xx	xxx
U	2	vs	5oo	xxx	xxx	xx	xx	ns	xx	xx	ns	x	ns	xx	xx	ns	-	xx	xx	xxx	xx	-	xx	x	xx	xx	ns	ns	xx
U	3	vs	5oo	-	-	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	ox	xx	xxx	xxx	ns	xxx	-	xxx	xxx	xxx	xx	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	ns	xxx	xxx

Anhang 14: Pollendimensionen (µm) bei Tannen und -Bastarden
(Mittelwert und Standardabweichung)

NK-NR.	POLLENKOERPER LAENGE	POLLENKOERPER BREITE	POLLENKOERPER HOEHE	LUFTSACK-BREITE	POLLENKORN-GESAMTLAENGE
1					
MEAN	86.9	76.4	82.7	68.2	128.7
STDEV	2.44	2.49	2.54	2.40	2.04
2					
MEAN	87.6	80.3	84.8	64.9	123.5
STDEV	3.68	2.51	4.29	1.23	1.32
3					
MEAN	82.1	73.4	78.0	60.4	113.6
STDEV	4.36	5.01	3.11	.99	1.71
4					
MEAN	90.6	77.7	81.6	71.5	137.6
STDEV	.79	.64	.74	.98	.98
5					
MEAN	89.4	78.6	86.5	73.4	137.4
STDEV	2.29	2.78	6.49	6.17	2.87
6					
MEAN	74.4	59.5	62.5	57.8	106.4
STDEV	2.00	1.61	2.02	1.82	1.95
10					
MEAN	89.8	81.0	84.3	62.8	124.1
STDEV	7.04	7.05	8.26	5.90	8.45
100					
MEAN	93.4	83.4	85.5	66.9	124.1
STDEV	4.13	3.11	3.69	4.72	6.80
200					
MEAN	95.4	87.5	88.8	71.0	123.3
STDEV	2.67	1.36	2.18	3.53	5.28
300					
MEAN	93.7	85.8	87.8	68.3	128.0
STDEV	4.96	4.55	4.07	5.39	7.22
400					
MEAN	92.3	84.4	86.5	68.2	125.7
STDEV	2.54	2.54	2.36	2.51	3.49
500					
MEAN	90.4	83.5	84.2	64.5	124.3
STDEV	3.07	4.57	4.28	3.79	8.48

Anhang 15: Mittelhöhe der Nachkommen im Verhältnis zur Höhe von A.alba(= 100%)

NK-Nr.	Alter							
	- 7	8	9	10	11 - 13	14	15	16 - 28
10	160.6	180.5	206.2	238.9	339.5	348.9	381.6	207.2
100	206.1	226.8	270.8	305.6	269.7	275.6	278.6	22 L5
200	154.5	180.5	200.0	218.5	334.2	358.9	375.7	217.5
300	181.8	202.4	247.9	264.8	317.1	304.4	310.7	215.1
400	115.2	134.1	166.7	203.7	272.4	-	-	187.3
500	115.2	131.7	160.4	196.3	252.6	-	-	149.9
2 (1)	106.1	109.8	120.8	135.2	223.7	220.0	239.8	114.9
4	87.88	90.24	95.83	103.7	131.6	135.6	137.9	97.75
5	69.70	73.17	79.17	83.33	96.05	98.89	103.9	60.83
6	81.82	95.12	106.3	103.7	172.4	176.7	202.9	139.5
2 (51)	66.67	78.05	97.92	122.2	151.3	-	-	77.05
3	127.3	122.0	172.9	198.1	260.5	-	-	166.9

Anhang 16: Periodisch jährliche Zunahme (cm) der Mittelhöhe

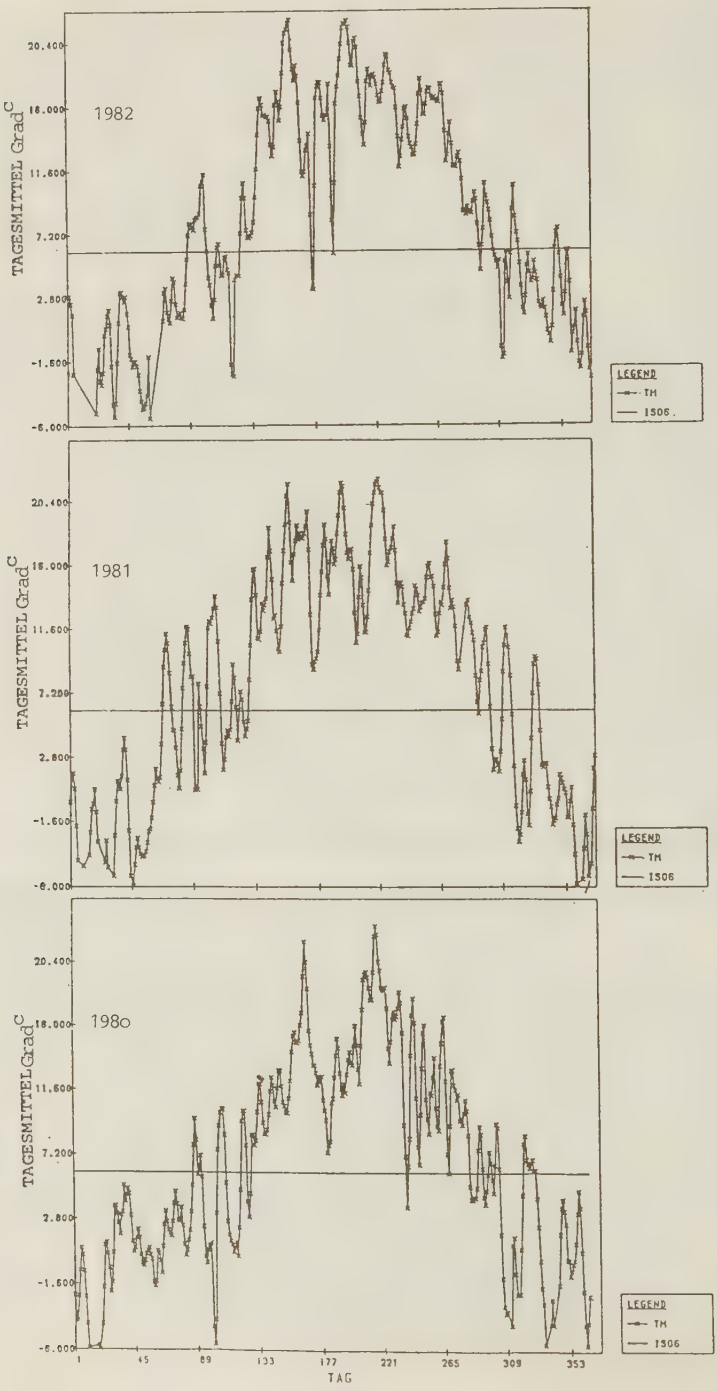
	Alter in Jahren									
NK-NR.	0-6	7	8	9	10	11	12	13-27	28-31	0-31
400	6.931	15.29	29.18	36.29	43.53	61.76	-	66.36	98.96	52.96
500	6.764	16.71	26.30	33.53	37.46	52.89	-	51.18	92.15	46.25
2(51)	3.67	10.00	15.00	19.00	16.33	24.33	39.0	31.55	-	-
3	7.00	8.00	33.00	24.00	30.33	56.13	95.00	44.45	-	-

	Alter in Jahren									
NK-NR.	0-7	8	9	10	11-13	14	15	16-28	29-32	0-32
10	7.571	21.00	25.00	30.00	43.00	56.00	79.00	69.08	97.25	52.50
100	9.714	25.00	37.00	35.00	13.33	43.00	39.00	84.08	102.5	55.94
200	7.286	23.00	22.00	22.00	45.33	69.00	64.00	74.46	93.75	54.06
300	8.571	23.00	36.00	24.00	32.67	33.00	46.00	78.46	87.50	52.81
800	4.714	9.000	16.00	3.000	10.67	26.00	32.00	37.77	—	—
1	4.714	8.000	7.000	6.000	7.333	14.00	13.00	40.00	—	—
2(1)	5.000	—	13.00	15.00	32.33	28.00	49.00	36.08	—	—
4	4.143	8.000	9.000	—	14.67	22.00	20.00	35.92	—	—
5	3.286	7.000	8.000	7.000	9.333	16.00	18.00	20.92	—	—
6	3.857	12.00	12.00	5.000	25.00	28.00	50.00	50.77	—	—

Anhang 17: Trend des periodischen Höhenzuwachses (A.alba = 100%)

NK-Nr.	- 7	8	9	10	11 - 13	14	15	16 - 28
10	161.1	262.5	357.1	500.0	589.0	400.0	607.7	172.7
100	206.7	312.5	528.6	583.3	182.6	307.1	300.0	210.2
200	155 0	287.5	314.3	366.7	621.0	492.9	492.3	186.2
300	182.4	287.5	514.3	400.0	447.5	235.7	353.8	196.2
800	100.3	112.5	228.6	50.0	146.1	185.7	246.2	94.4
2 (1)	106.4	125.0	185.7	250.0	442.9	200.0	376.9	90.2
4	88.2	-	128.6	166.7	200.9	157.1	153.8	89.8
5	69.9	87.5	114.3	116.7	127.9	114.3	138.5	52.3
6	82.1	150.0	171.4	83.3	342.5	200.0	384.6	126.9
400	169.1	416.8	604.9	596.3	441.2	-	-	152.3
500	176.4	375.8	558.8	513.2	377.8	-	-	117.5
2 (51)	101.5	214.3	316.7	223.7	202.7	-	-	60.8
3	148.9	357.4	471.4	400.0	415.5	-	-	140.3

Anhang 18: Mittlere Tagestemperaturen und 6°-Isotherme



Anhang 19: Mittlere Dauer des Höhenwachstums (Tage pro Jahr)

NK-Nr.	Vegetationsperiode		
	1980	1981	1982
10	126.0	97.9	86.9
100	128.0	112.1	93.3
200	113.8	113.9	82.7
300	80.8	96.6	94.2
400	112.3	132.1	92.7
500	121.0	119.8	95.0
1 (1-5)	45.8	38.3	83.6
1 (10-14)	-	114.8	98.8
7 (1-5)	115.5	123.2	82.8
7 (10-14)	124.0	117.4	80.0

Anhang 20: Jährlicher mittlerer Höhenzuwachs (cm pro Jahr)

NK-Nr.	Vegetationsperiode		
	1980	1981	1982
10	43.72	37.73	25.22
100	48.82	45.68	35.52
200	37.82	29.47	30.33
300	21.42	32.42	42.10
400	37.90	24.06	44.59
500	33.83	27.80	46.34
1 (1-5)	5.55	.88	26.30
1 (10-14)	-	34.02	38.10
7 (1-5)	37.80	22.28	6.48
7 (10-14)	15.75	12.80	8.56

Anhang 21: Täglicher mittlerer Höhenzuwachs (cm pro Tag)

NK-Nr.	Vegetationsperiode		
	1980	1981	1982
10	.345	.388	.292
100	.386	.418	.377
200	.331	.282	.366
300	.273	.352	.451
400	.353	.195	.475
500	.277	.250	.499
1 (1-5)	.119	.022	.313
1 (10-14)	-	.318	.391
7 (1-5)	.327	.185	.084
7 (10-14)	.128	.099	.112

D. GRÄBNER
Dissertations- u. Offsetdruckerei
Gotenstraße 3
8602 Altendorf bei Bamberg
Telefon 09545 / 8791